Exploremos el espacio





Exploremos el Espacio



Exploremos el Espacio

Por
ROY A. GALLANT

Ilustraciones de
LEE J. AMES

CULTURAL ARGENTINA S. A.
BUENOS AIRES, ARGENTINA

Exploremos el Espacio

OTROS LIBROS DE ROY A. GALLANT

Exploremos los Planetas

Exploremos bajo la Tierra

Exploremos la Luna

Exploremos Marte

Exploremos el Universo

Exploremos el Sol

Exploremos la Química

Reconocimiento:

El autor desea agradecer a muchos científicos de la Fuerza Aérea, desde New Mexico a New York, con los que pasó muchas horas durante el período de preparación de este libro y que le ofrecieron excelentes observaciones sobre el manuscrito de la primera edición y de la edición revisada.

Fotografías:

Cortesía de la United States Air Force
Cortesía de la National Aeronautics and Space Administration
Cortesía del Dr. A. Bulbulian, Museo de Higiene y Medicina de la Fundación Mayo
Cortesía de M. F. Kaplon, Departamento de Física, Universidad de Rochester
Cortesía de North American Aviation, Inc.

Título del original inglés: **The man's reach into space**
Ed. Doubleday and Co. Inc., New York

Traducción castellana de Graciela Masiá

Nuevas ilustraciones por Horacio G. Videla y Julio C. Cotignola
Coordinación de producción: Miguel Angel Absi

Edición castellana y actualización a cargo de Diego Abad de Santillán

Coordinador general: Víctor J. Kalbermatten

Las obras de Roy A. Gallant se publican en castellano por Cultural Argentina S. A., Buenos Aires, la empresa editorial continental fundada por el Dr. José A. López Serrano, el creador de los nuevos textos ilustrados para la enseñanza primaria y secundaria en la América castellana.

Impreso en la Argentina — Printed in Argentina

Contenido





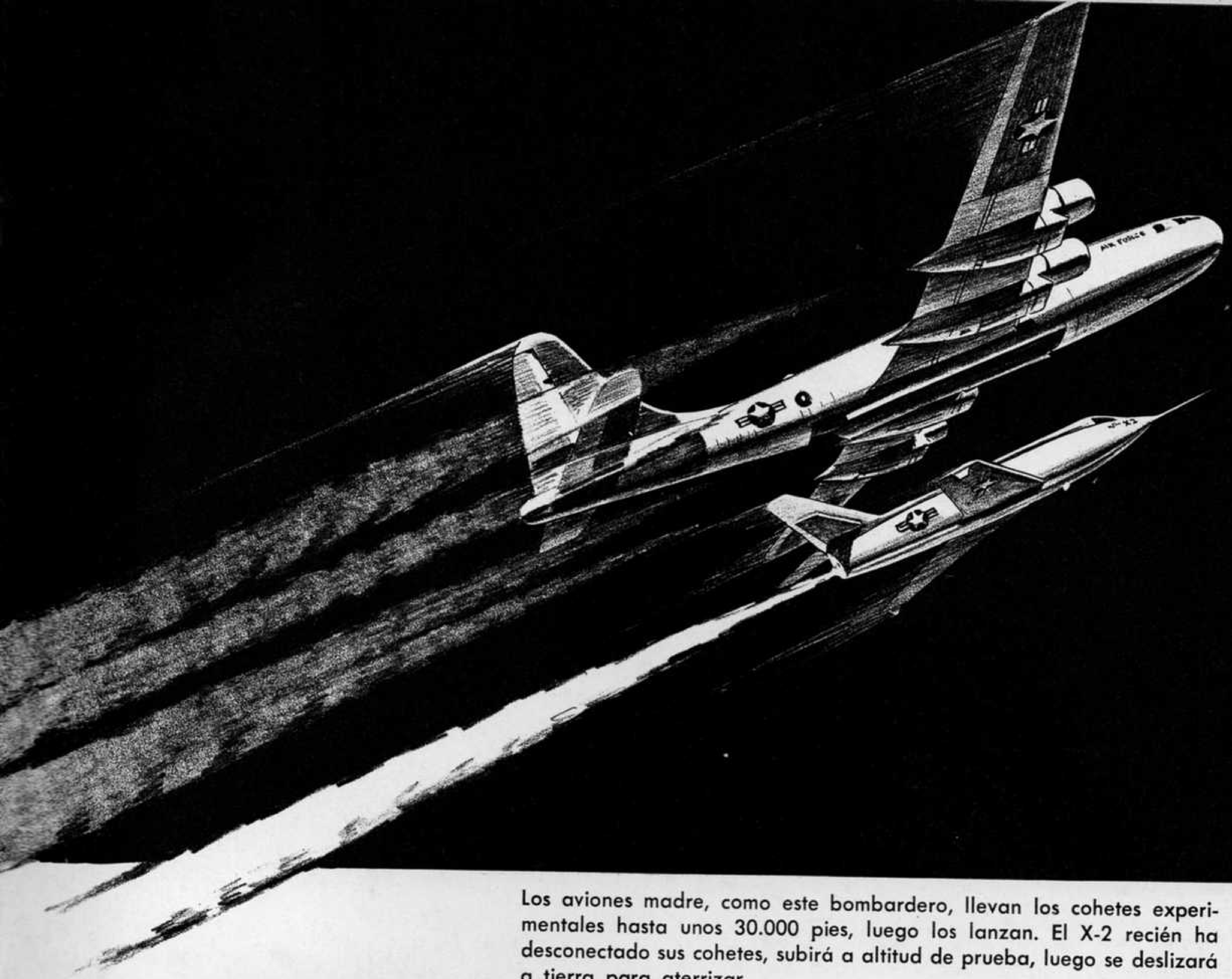
Más alto y más rápido

CASO 1. El lugar, París; el año, 1875. Tres exploradores de grandes alturas suben a la góndola de su globo *Zenith*. Se sueltan las amarras de anclaje y el globo se eleva suavemente a la atmósfera más y más, hasta ser sólo un punto en el profundo cielo. Los hombres en el *Zenith* se aventuraron más alto que ninguno antes que ellos —28.000 pies. Qué condiciones encontrarían, no lo sabían. Pobremente equipados para su aventura, inocente y trágicamente pasaron el primero de los límites invisibles que separa al

hombre de las fuerzas hostiles del espacio. Qué temores de lo desconocido se apoderaron de estos dos bravos exploradores al elevarse en la fría y enrarecida atmósfera, jamás lo sabremos. Sus vidas se extinguieron por falta de oxígeno.

Caso 2. En 1955 un joven piloto de la Aviación norteamericana, llamado George Smith, volaba en un frágil jet de combate, el F-100 Super Sabre. Durante el vuelo de prueba algo se descompuso en el aparato. Smith supo que debía abandonar su dañado avión disparando su asiento arrojadizo. Una pequeña carga de pólvora en la base del asiento, lo arrojó a él y al asiento fuera de la cabina de pilotaje y lejos de la sección de la cola del avión. En el momento en que Smith fue expulsado, su velocidad era de 777 millas por hora, a una altura de 6.500 pies. Cuando la carga de explosivos lo arrojó fuera del avión, el supersónico chorro de aire destrozó su cara y sus ropas. Lo que sucedió en los primeros segundos de este salto hizo historia en la Fuerza Aérea. He aquí cómo el escritor de aeronáutica James J. Haggerty, Jr., describió la prueba de Smith en la revista *Collier's*: "En los pocos segundos después que salió del avión en picada, Smith sufrió, probablemente, el peor golpe que jamás experimentase piloto alguno. La disminución de velocidad superó lo que se consideraba como límite fatal. Se estima en unas 40 *g.* (aceleraciones de la gravedad). En otras palabras, la fuerza ejercida contra él por el chorro de aire era de cuatro toneladas. Su casco y máscara de oxígeno fueron arrancados y la punta de su nariz se desgarró. El aire forzó su garganta distendiendo su estómago, y otros órganos internos fueron dislocados y dañados. La sangre inundó sus ojos. Aunque algunos de los paneles de su paracaídas se destrozaron con el shock de apertura, éste se abrió milagrosamente descendiéndolo al Océano Pacífico, donde fue recogido por un barco pesquero. Estuvo inconsciente por cinco días y por casi seis meses en el hospital. En un principio se temió que perdiera la vista, pero sus dañadas retinas se compusieron y su visión es ahora normal."

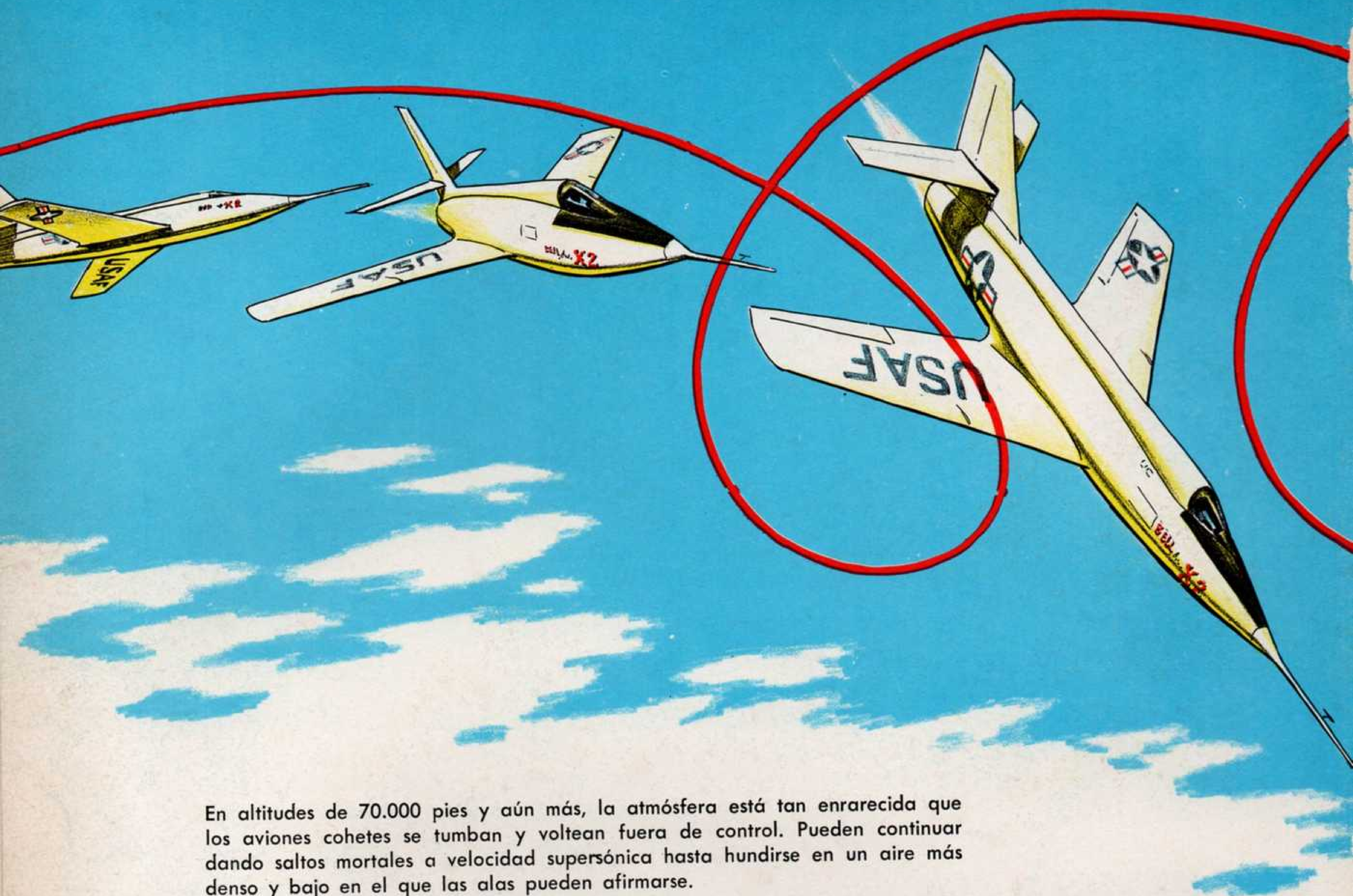
Caso 3. En septiembre de 1956, el capitán Milburn G. Apt piloteaba el famoso avión cohete de Bell, X-2, a una velocidad record de 2.260 millas por hora —tres veces y media la velocidad del sonido. La primera etapa del vuelo de Apt fue como un reloj. Primero, él y su pequeño avión fueron lanzados del "avión madre" B-29 que los llevó a la altitud de lanzamiento. Libre del poderoso pájaro, Apt conectó los cohetes, ascendió a 70.000 pies, y cuidadosamente comenzó un vuelo recto y nivelado. Seguidamente, tiró del acelerador para aumentar la velocidad. El X-2 dio un salto hacia adelante, pasando fácilmente la anterior velocidad record del teniente coronel Frank K. Everest, 1.900 millas por



Los aviones madre, como este bombardero, llevan los cohetes experimentales hasta unos 30.000 pies, luego los lanzan. El X-2 recién ha desconectado sus cohetes, subirá a altitud de prueba, luego se deslizará a tierra para aterrizar

hora. El plan de Apt era quemar todo su combustible en velocidad y luego deslizarse a la base efectuando un aterrizaje en "punto muerto". Cuando la máquina consumió todo el combustible del X-2, Apt habló por su radio a la tripulación de tierra que esperaba ansiosamente: "La máquina ha consumido el combustible y comienzo a virar." En aquel momento el capitán Apt era el hombre más ocupado del cielo. Además de atender los muchos diales, interruptores, botones de control, y luces de prevención del X-2, con sus pies y manos tenía que maniobrar su avión con la seguridad de un cirujano. Un movimiento abrupto de la palanca de comando podía poner al X-2 fuera de control dando tumbos y vueltas en el leve aire que se encuentra a 70.000 pies. Hasta que Apt habló por su radio, él y el X-2 se habían desempeñado perfectamente.

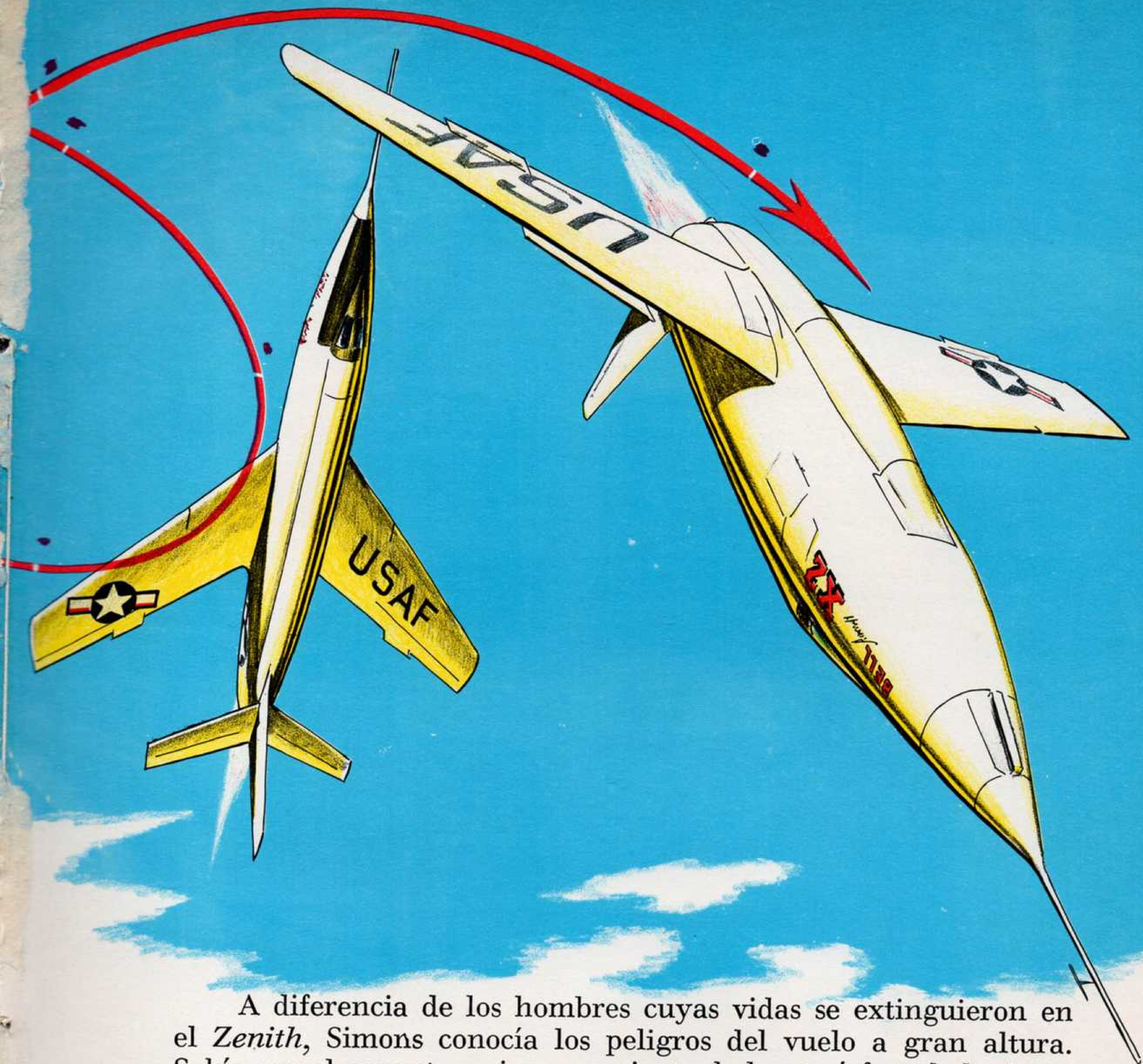
Seis segundos más tarde, sin embargo, la tripulación le oyó gritar una palabra entrecortada. La película de una cámara que fotografiaba el panel instrumental del X-2 durante el vuelo, más tarde reveló que Apt se inclinó fuertemente hacia adelante en el momento en que gritó. Puede no haberse dado cuenta de su incontrolable velocidad cuando comenzaba a virar. Repentinamente sintió que el X-2 escapaba a su control, saltando, girando, cayendo



En altitudes de 70.000 pies y aún más, la atmósfera está tan enrarecida que los aviones cohetes se tumban y voltean fuera de control. Pueden continuar dando saltos mortales a velocidad supersónica hasta hundirse en un aire más denso y bajo en el que las alas pueden afirmarse.

a una velocidad supersónica hacia el desierto. Luego, como resultado de la deliberada acción de Apt, o por los violentos tumbos del avión, la cabina cápsula se separó del X-2. Segundos más tarde el paracaídas piloto se abrió repentinamente. El próximo paso de Apt era deshacerse del techo de la cabina, salir de ella, y abrir su paracaídas. Pero su tiempo se había terminado. Antes de que fuera capaz de realizar todas las etapas necesarias para salvar la vida, perdió altura. Pocos minutos después de usar por última vez el micrófono, la cuadrilla de salvamento halló su cuerpo en la dañada cabina cápsula estrellado en el desierto. El hombre que había desempeñado una misión "perfecta" había tenido que actuar más allá de sus posibilidades.

Caso 4. En agosto de 1957, el teniente coronel de la Fuerza Aérea, David G. Simons, fue encerrado en una cápsula metálica y elevado por globo a 102.000 pies —más de diecinueve millas sobre la tierra. No sólo es importante la altitud alcanzada por el coronel Simons, sino el hecho que pasó treinta y dos horas en una cabina sellada —completamente aislada de la atmósfera externa— a gran altura.



A diferencia de los hombres cuyas vidas se extinguieron en el *Zenith*, Simons conocía los peligros del vuelo a gran altura. Sabía que el noventa y cinco por ciento de la atmósfera de la tierra estaba debajo de él. La ciencia moderna había protejido a Simons afanosamente contra las fuerzas hostiles de la gran altitud —baja presión atmosférica, temperaturas de sub-congelación, y radiación. Aunque no estaba completamente libre de la atmósfera terrestre, Simons se encontraba en un vehículo diseñado para mantener vivo a un hombre en el espacio total. En este aspecto su vuelo fue histórico. Pero hubo más en su vuelo. Su exposición a los rayos cósmicos podía ser medida, así como la cantidad de oxígeno que inspiraba y la cantidad de dióxido de carbono que exhalaba. Lo que no se podía predecir o medir eran las emociones de Simons durante su encierro en su cápsula prisión muy alto sobre la tierra, su soledad y su miedo, particularmente cuando su globo amenazó bajarlo a una feroz tormenta eléctrica.

¿Qué significación tienen estos cuatro "casos"? ¿Qué nos dicen acerca de la llegada del hombre al espacio? El vuelo del *Zenith* nos muestra al explorador, al hombre desafiando las fuerzas desconocidas para adquirir conocimientos. También nos muestra al hombre aventurero con una meta, un apremio por probar que algo podía hacerse, simplemente por el hecho de probarlo. En 1783, el rey Luis XI fue informado que estaba listo para volar un globo con capacidad para llevar personas. ¿Quiénes serían los primeros hombres en volar? Por el peligro que ello implicaba, el rey eligió dos criminales que habían sido sentenciados a muerte. Un hombre llamado Jean François Pilâtre de Rozier se enfureció al oír la decisión del rey. "¡Qué! ¿Es que el honor de navegar en aire por primera vez será otorgado a vulgares criminales?", preguntó. De manera que el 15 de octubre del mismo año, M. Rozier fue el primer hombre elevado por un globo. Alcanzó la vertiginosa altura de cuarenta y ocho pies.

El apuro irresistible del hombre por explorar —por ir aún más alto, más ligero y más lejos, para probarse algo a sí mismo, o para aportar nuevos conocimientos— no ha cambiado a través de los tiempos. Pero la tecnología moderna, la era de las máquinas complejas, ha cambiado la *forma* en que el hombre hace sus investigaciones. Pasados están los días en que un hombre, o un pequeño grupo de hombres, dominaban los titulares internacionales al explorar una jungla o escalar una montaña. El Monte Everest no fue conquistado por dos o tres hombres que diseñaron e hicieron su propio equipo. Trece alpinistas altamente especializados, un doctor, ayudantes, dietólogos, y un meteorólogo planearon, por muchos meses, cuidadosamente, la expedición hasta el más mínimo detalle. Fue un esfuerzo en conjunto y su éxito dependió de muchos especialistas. Por la misma razón, el vuelo en globo del coronel Simons fue diferente del vuelo del *Zenith*. Sin las docenas de especialistas de los diferentes campos de la ciencia, el coronel Simons jamás hubiera despegado del suelo. Físicos, químicos, fisiólogos, ingenieros en electrónica y mecánica, así como metalúrgicos, fueron necesarios para mantener a Simons vivo por treinta y dos difíciles horas. Los miles de horas que estos hombres emplearon, así como los dólares gastados sólo en este experimento, son inimaginables. ¡Qué diferente del vuelo del *Zenith*! ¡Y qué diferente del vuelo de los hermanos Wright, en la primera máquina piloteada en doce segundos, el 17 de diciembre de 1903!

En los tempranos días del vuelo, los pilotos volaban "sentados sobre sus pantalones". La forma como se distribuía su peso en el asiento les indicaba que su vuelo "sentía" bien, o que sus picadas y virajes escarpados no ponían en peligro las alas. Sus oídos les

RECORDS DE ALTURA PARA VUELO TRIPULADO

En los últimos 50 años de vuelo el hombre ha establecido una impresionante serie de records de altura. Diseños mejorados, máquinas más poderosas, y el deseo del hombre de volar más alto le ha llevado al borde del espacio. Los records del mañana no se medirán en pies sobre la tierra sino en millas, y luego en años luz.

Altura en pies

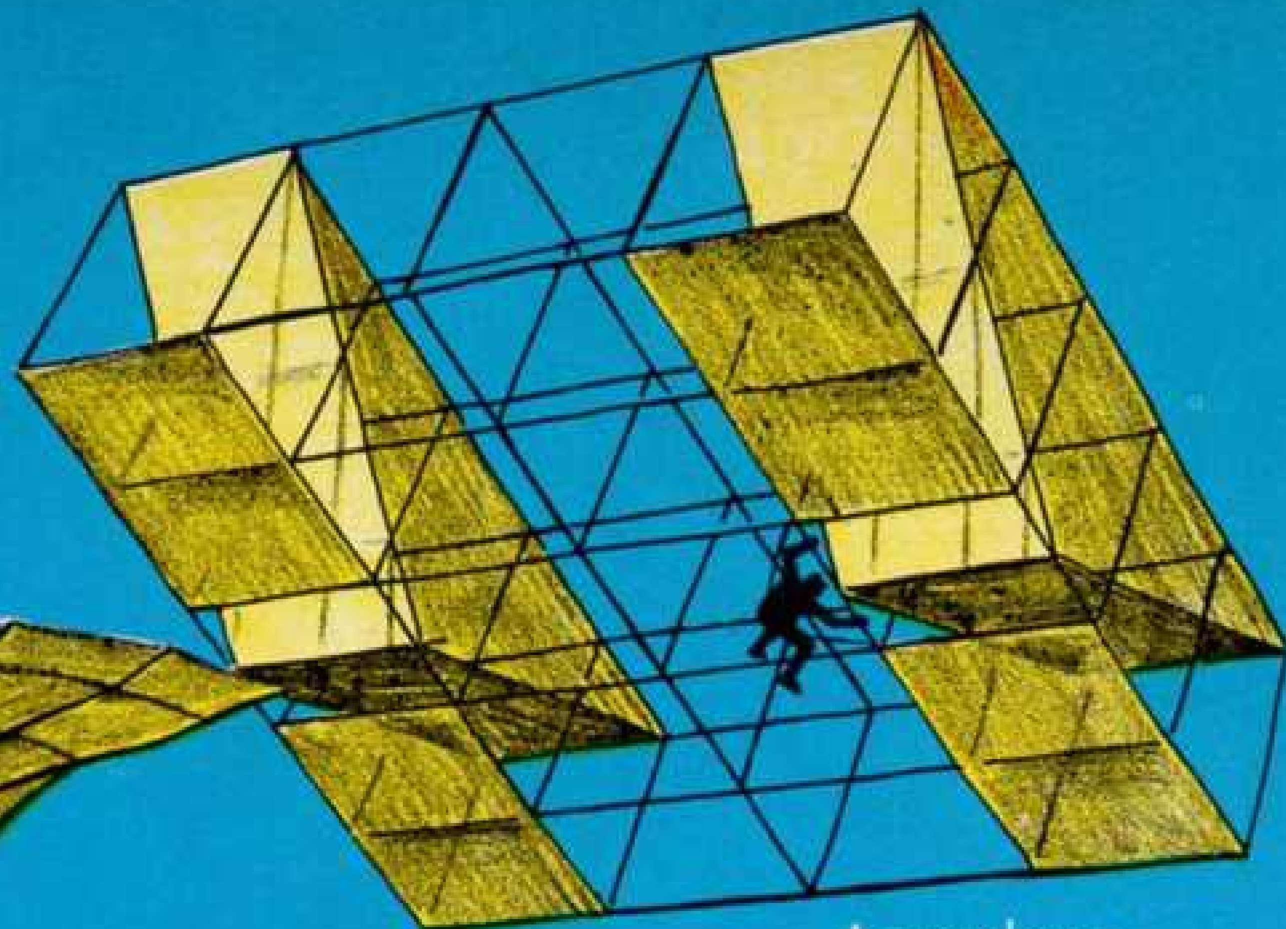
120,000
110,000
100,000
90,000
80,000
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000

126,200
Bell X-2
Electric Canberra
Blériot
Antoinette
MT. EVEREST

Año	Avión	Altura (pies)
09	Antoinette	486
1910	Blériot	10,170
1911	Blériot	12,828
1912	Morane-Saulnier	18,405
1913	Blériot	20,078
1920	Lepére	33,113
1921	Lepére	34,507
1923	Nieuport-De'age	36,565
1927	Wright Apache	38,368
1929	Junkers W34	41,794
1930	Wright Apache	43,166
1932	Vickers Vespa	43,976
1933	Potez 52A	44,819
1934	Caproni 161	47,352
1936	Bristol 138	49,943
1937	Bristol 138 A	53,937
1938	Caproni 161	56,046
1948	DH Vampire	59,446
1953	Electric Canberra	63,668
1954	Bell X-1A	
1956	Bell X-2	126,200
19??	Norteamericano X-15	



Otto Lilienthal
aparato volador
1900



Aeroplano
de Ludlow
1900



Hermanos Wright
planeador
1900

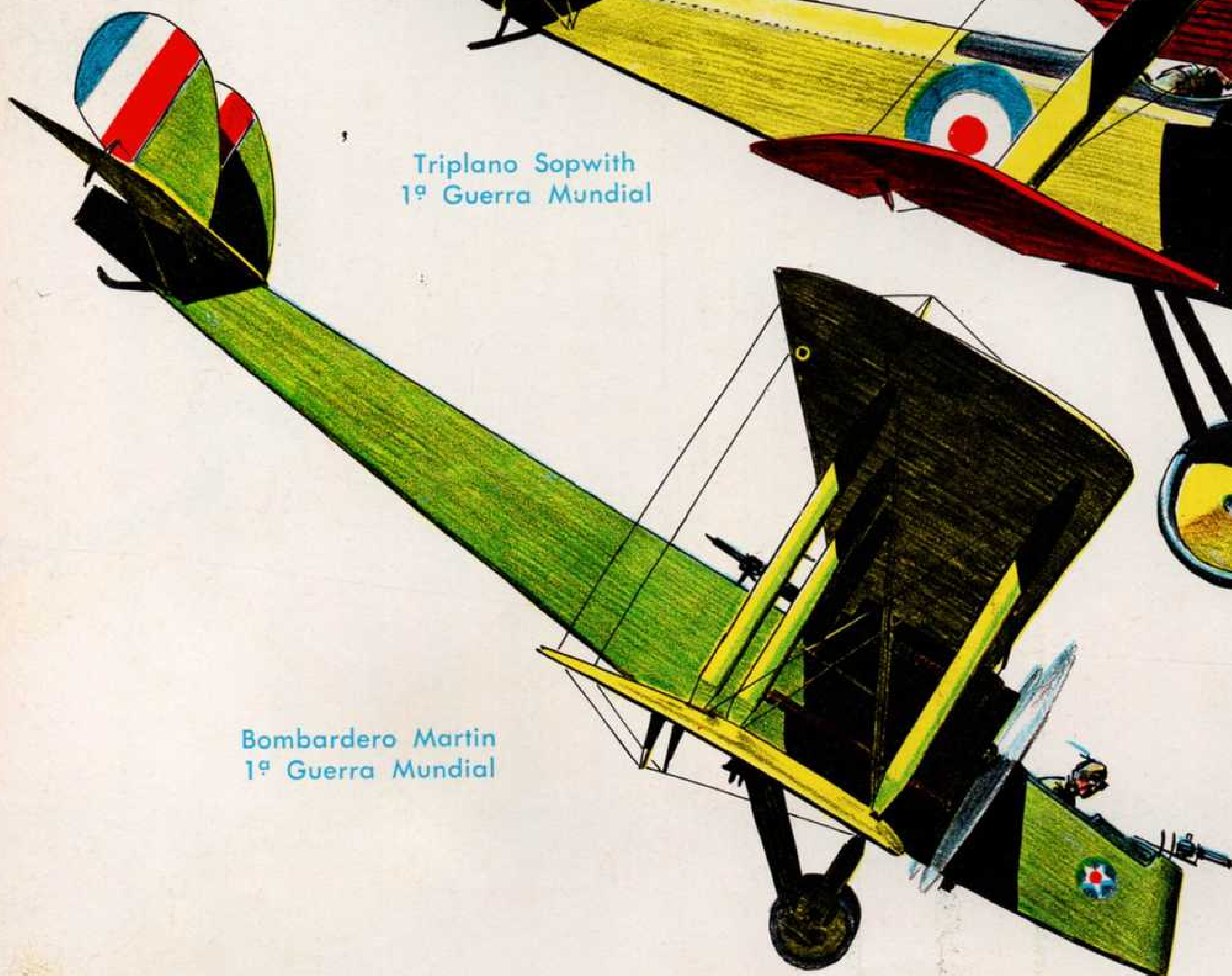
Una selección d
máquinas aére



De Havilland 2
Primera Guerra Mundial



Triplano Sopwith
1º Guerra Mundial



Bombardero Martin
1º Guerra Mundial



a través de la primera Guerra Mundial

S.P.A.D.
1º Guerra Mundial

Snipe Sopwit
1º Guerra Mun

Fokker D VII
1º Guerra Mundial

informaban que la máquina funcionaba debidamente; y la cabina abierta al silbido del viento les indicaba su velocidad. Sus ojos escudriñaban el cielo para prevenir cualquier colisión con otro aeroplano y servían además como seguros altímetros. Este tipo de vuelo era adecuado para aeroplanos que volaban a ochenta o cien millas por hora y podían planear en un aterrizaje a veinticinco o treinta millas por hora. El piloto, por supuesto, dependía de un indicador de nivel de combustible y otros pocos instrumentos que le daban cierta información, pero en su mayor parte, el asiento de sus pantalones, sus ojos y oídos le proporcionaban casi toda la información que necesitaba, y tan rápidamente como era necesario.

Con los años este cuadro cambió enormemente. Hoy, la velocidad del hombre en el aire es, a menudo, de mil a dos mil millas por hora, y en vuelo espacial orbital, en satélites tripulados, es alrededor de dieciocho mil millas por hora. Al lograr que el aeroplano marche a más velocidad y ascienda en línea vertical, se le hizo extremadamente complejo. El resultado es que cada vez se exige más y más al piloto. Hoy los pilotos de combate y bombardeo están rodeados por docenas de interruptores, botones y diales, que demandan la constante atención de su vista. Los ojos deben también escudriñar el cielo que les rodea —adelante, a los costados, arriba y abajo. A través de sus oídos, el piloto debe recibir aún más información —radiomensajes hablados o señales radiotelegráficas. Sus oídos deben estar acostumbrados también al constante ruido de su motor. Sus manos y pies alimentan continuamente con información a la aeronave al empujar un pedal o palanca de comando. Luces intermitentes de prevención, chicharras, bocinas de alerta, diales, interruptores en abrumador número, se han constituido en extensiones vitales de los sentidos de los pilotos en la nueva era aérea. De la prontitud y eficiencia con que se desempeñe en esta marea de información, luego en la forma con que actúe haciendo ascender, picar, o virar la máquina, dependerá el éxito del vuelo del piloto.

Cuando más rápido vuela el aeroplano, más rápidamente debe el piloto responder a sus instrumentos, tomar decisiones y actuar. En estos días volamos tan rápido que nuestros ojos nos fallan en ciertas situaciones. El ser humano simplemente no puede *ver* con la suficiente rapidez. Por increíble que pueda parecer, así es. Las preciosas fracciones de segundo que le toma al ojo enfocar un objeto moviéndose velozmente, y luego mandar un mensaje de alerta al cerebro, puede ser demasiado lento. En vuelo supersónico, el momento en que el piloto ve otro avión en dirección opuesta a él, es demasiado tarde para cambiar de ruta. El ojo debe ver primero el otro avión, que aparecerá como un punto oscuro en el

vidrio. Luego tendrá que decidir cuál es su rumbo. Si cree que en esa dirección va a provocar una colisión, decidirá picar, ascender o virar fuera de rumbo. Una vez que su dirección ha sido tomada, el cerebro manda un mensaje a las manos y a los pies a través de los nervios, los que finalmente pondrán el aparato fuera de rumbo. El tiempo requerido para efectuar todas estas cosas puede ser excesivo. En los buenos pilotos puede tomar alrededor de tres segundos. Pero en esos tres segundos los dos aviones supersónicos habrán salvado la distancia y se habrán estrellado. En la era aérea actual, las cosas suceden con esa rapidez. Por esta razón algunos científicos consideran al piloto como el vínculo más débil en el sistema hombre-máquina de una aeronave. En su vuelo mortal en el X-2, el capitán Apt debe haber estado en esta desventaja. Se le exigió que hiciera demasiadas cosas y demasiado rápidamente, y no pudo hacerlas con la prontitud necesaria como para salvar su vida.

Los psicólogos están a menudo desconcertados por las habilidades y límites del hombre. Una persona puede sentarse y mirar atentamente hora tras hora la pantalla de un radar. Sólo una vez cada quince minutos, aproximadamente, éste dará una señal flash. Cada vez que esto ocurra el hombre la verá. Otra persona podría fracasar sin remedio en esta tarea. ¿Por qué? El ser humano es una "máquina" extremadamente complicada con varios misterios en su interior. Lo que un hombre ha tomado en su desayuno o almuerzo pueden afectar la química de su cuerpo y como consecuencia el trabajo de su mente. Lo bien o mal que ha dormido, lo que ha soñado, o las malas noticias de un ser querido pueden minar su fuerza emocional cuando más la puede necesitar. Tenemos mucho que aprender sobre los aspectos interiores del hombre. Sus ansiedades, temores, aspiraciones, esperanzas, todas son difíciles de entender. Estos aspectos de un hombre en vuelo están íntimamente ligados con su habilidad física para pilotear una aeronave o guiar un cohete a través del espacio.

En tanto que los fisiólogos no tienen problemas al examinar la coordinación muscular y visual del hombre, los psicólogos tienen un trabajo más difícil al tratar de averiguar la forma en que se desempeñará un hombre en una situación crítica o en un difícil trance. ¿Puede permanecer en calma? ¿O se confunde? ¿Por cuánto tiempo puede soportar confinado en una pequeña cabina de pilotaje y continuar trabajando correctamente? ¿Cuánto puede soportar sin dormir y aun tomar decisiones correctamente? Estas preguntas no son fáciles de responder. Pero en esta era del aire y del espacio deben ser respondidas. Los hombres que aspiran a ser astronautas deben pasar por un entrenamiento que nos llevaría a


nosotros más allá de nuestros límites. De acuerdo con la National Aeronautics and Space Administration (NASA), los primeros siete "astronautas fueron sometidos, probablemente, al programa de entrenamiento más riguroso jamás preparado para el hombre".

El vuelo de mayor altitud y velocidad empuja al hombre a límites extremos de su habilidad —física y mental. En el momento en que a un hombre se le confía un multimillonario jet-bombardero, o un satélite de la era espacial, los psicólogos saben más sobre él que el piloto o astronauta sobre sí mismo. Aun así, los psicólogos no pueden predecir de qué forma un hombre va a pensar o actuar en ciertas situaciones de vuelo.

Muchos pilotos de los jet, solos en sus aeroplanos más allá de los 30.000 pies, experimentan una extraña sensación. Los psicólogos la llaman "despegue". Los pilotos la describen como una sensación de haber entrado en otro mundo, de estar completamente separados de nuestro planeta. Algunos han dicho que se sienten "como gigantes". Otros que se "sienten cerca de Dios". Y otros se atemorizan; no osan moverse en sus asientos. De 137 pilotos jet de la marina, cuarenta y ocho habían sentido *despegue.* Aquellos que piloteaban los aviones más veloces eran los que lo experimentaban con más frecuencia. Manifestaron que no parecía afectar su habilidad para volar, y esa sensación se desvanecía en cuanto disminuían altura o volaban junto a otro avión.

Eventualmente, cuando el hombre haga largos viajes a través del espacio, ¿se intensificará la sensación de despegue? ¿Disminuirá su habilidad para trabajar correctamente? Hoy no lo sabemos.

En los últimos años se ha producido una nueva clase de científico en la Fuerza Aérea. Se llama el "ingeniero humano". Generalmente este hombre es un psicólogo. Puede tener una sólida preparación en matemáticas, biología, o ingeniería mecánica. Se interesa en los cientos de movimientos y decisiones que un piloto debe realizar en el aire. He aquí algunos de los problemas que el ingeniero humano trata de resolver: ¿Qué clase de información necesita un piloto en vuelo? ¿Cómo debe ser presentada esta información? Los botones de control ¿deben tener forma de pelota de golf, de block o de rueda? Los diales instrumentales ¿deben ser blancos, negros, rojos o verdes? Ciertas señales de prevención (si un piloto se olvida de bajar las ruedas para aterrizar) ¿deben ser una luz intermitente o una fuerte bocina? ¿Cuál es la mejor forma de alertar a un piloto sobre el peligro? ¿Cómo sabemos que hemos recargado al piloto de trabajos a realizar? Hay ciertas tareas que la máquina las realiza mejor que el piloto. ¿Cuáles son? Cuando el hombre vuela cada vez más rápido y más alto en aviones o satélites capaces de estar en el espacio por se-



RECORDS DE VELOCIDAD EN VUELOS TRIPULADOS
FRANCIA INGLAT. EE. UU. ITALIA ALEMANIA
Año
MILLAS POR HORA
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500
19?? NORTE AMERICANO X-15
1958 2260 BELL X-2
1958 1900 BELL X-2
1957 1208 MCDONNELL F-101A
1956 1132 FAIREY DELTA II
1955 822 NORTH AMERICAN• F-100C
1953 755 NORTE AMERICANO YF-100 A
1952 699 NORTE AMERICANO F-86 D
1948 671 NORTE AMERICANO F-86 A
1947 651 DOUGLAS D-558-1
1946 616 GLOSTER METEOR IV
1945 606 GLOSTER METEOR IV
1939 469 MESSERSCHMITT ME-109R
1934 441 MACCHI M.C. 72
1933 424 MACCHI M.C. 72
1931 407 SUPERMARINE S. 6B
1929 358 SUPERMARINE S. 6
1928 319 MACCHI M. 52 BIS
1927 298 MACCHI M. 52
1924 279 BERNARD-FERBIOS V. 2
1923 267 CURTIS R2C-1
1922 223 CURTIS R6
1921 205 NIEUPORT-DELAGE
1920 195 NIEUPORT-DELAGE
1913 127 DEPERDUSSIN
1912 108 DEPERDUSSIN
1911 83 NIEUPORT
1910 68 BLÉRIOT XI
1909 48 BLÉRIOT XII
1907 33 VOISON BIPLANE
1906 26
NORTE AMERICANO X-15
NORTE AMERICANO F-100 C
MACCHI M. 52
SANTOS-DUMONT
En aviación la velocidad puede ser medida en millas por hora o en números Mach. Mach uno, por ejemplo, es la velocidad del sonido, alrededor de 750 millas por hora, o Mach dos es 1.500 millas por hora. Las máquinas cohetes han empujado al hombre a velocidades increíbles comparadás con las de los vuelos de comienzos de 1900.

manas y meses, estas preguntas se hacen cada vez más y más importantes. El ingeniero humano es hoy indispensable.

También en la época del jet se ha intensificado el problema que debe afrontar el piloto para dejar el avión. En otros tiempos, el piloto simplemente se inclinaba a un costado, tiraba de su anilla-D o anilla de desgarre, cuando se había librado de su avión. En los aviones tipo jet o cohete, no hay escape. A gran altura, el piloto de un veloz jet, sería atrapado por un feroz chorro de aire que le golpearía contra la cola de su avión, con tal fuerza que estrellaría sus huesos. Este es el por qué los asientos expulsadores, que lanzan al piloto fuera de la cola, se han constituido en equipo standard en los aviones jet. Pero aun con este asiento galopante el piloto puede encontrarse con serios problemas. El salto de George Smith es un penoso ejemplo de este problema.

En la carrera por más y más velocidad a través de la atmósfera, nos estamos dando cuenta de que el cuerpo humano puede dañarse increíblemente. Está el caso de un piloto que vuela en un avión liviano. Repentinamente se encontró en una picada sin control. Se estrelló contra el suelo a más de noventa millas por hora. Sin embargo, sobrevivió al impacto sin daño interno alguno, aunque el impacto del golpe produjo 55 *g*. En otras palabras, ¡en el momento del impacto el peso del piloto aumentó 55 veces su peso normal o más de cuatro toneladas! Lo asombroso de esto es que el piloto no usaba protector de hombros ni casco, sólo un cinturón de seguridad que se rompió con el impacto. Para saber exactamente qué daño puede soportar el cuerpo humano, y en qué forma lo puede tomar mejor, la Fuerza Aérea y la Marina tienen "cámaras de tortura" humanas que calientan, enfrían, giran y golpean a los conejillos de India humanos que se prestan para el experimento. Algunos de los interrogantes que los científicos en biofísica tratan de responder : ¿Qué temperatura puede soportar un hombre antes de que su misión fracase? ¿Cuánto ruido puede tolerar antes de perder el sentido? ¿Qué fuerzas *g* puede soportar antes de perder su visión? ¿Antes de caer en la inconsciencia? En tanto que los científicos encuentran las respuestas a estas preguntas, los ingenieros pueden diseñar equipos para mantener al piloto confortablemente caliente o frío, para protejerlo del exceso del sonido, reforzar su cuerpo contra las fuerzas *g*.

Mientras los fisiólogos tratan de saber hasta qué punto se puede dañar al cuerpo humano, los ingenieros se hacen la misma pre-
20 gunta sobre el avión. ¿A qué velocidad puede volar un aeroplano antes que su superficie metálica se caliente tanto que las alas pierdan su fuerza, comiencen a doblarse o derretirse? ¿Qué temperatura puede soportar una máquina antes que sus lubricantes co-

miencen a hervir? ¿Luego de cuántas horas de vuelo se "fatiga" tanto un avión que debe ser puesto en desuso? ¿Cuáles son las mejores combinaciones de materiales para protejer a un satélite contra el intenso calor y frío del espacio, y contra el intenso calor que encuentra cuando vuelve a entrar en la atmósfera?

En ciertos aspectos los ingenieros han ganado terreno a los médicos espaciales. Han diseñado y construido aeronaves que pueden eliminar a los pilotos que las dirigen. Un médico aeronaval, capitán Carl E. Wilbur, dijo a un grupo de ingenieros: "Estamos en un período de transición en lo que respecta al vuelo tripulado. Unos pocos años atrás los médicos espaciales podían despreocuparse un poco al observar a los ingenieros aeronáuticos en sus laboratorios. La barrera del sonido parecía presentar grandes dificultades. Baste decir que los ingenieros salvaron el obstáculo en tiempo irrisorio y dejaron al médico espacial tratando de ponerse a la par con el equipo protector del piloto. Hasta dónde llegará la última expresión de la máquina aeronáutica, controlada por un piloto, no lo puedo decir. Parecería, sin embargo, que los ingenieros no han puesto límites a los proyectos del futuro . . . Estoy tentado de decir que dudo que el médico espacial sea capaz alguna vez de alcanzar al ingeniero. Pero tal admisión negaría el hecho que es el hombre mismo el que quiere volar más alto y más rápido."

En este libro pondremos al hombre bajo un microscopio, por así decir. Exploraremos el extraño mundo de la velocidad que el hombre mismo ha creado, y el igualmente extraño mundo del espacio. Cuando el hombre entra en estos mundos encuentra una serie de problemas, unos viejos y otros nuevos. Cuáles son estos problemas y cómo son resueltos, esos serán los tópicos de los capítulos subsiguientes.







Su cuerpo en vuelo

El hombre es una débil creatura de la tierra. Llevémosle a gran altura en la atmósfera sin protección y morirá en pocos minutos o segundos, como el pez muere cuando lo sacan de su medio acuático. Evolucionando durante millones de años hasta la creatura que es hoy, el hombre se ha adaptado a ciertas condiciones que se encuentran en nuestro planeta: sin la combinación exacta de presión de oxígeno y otros gases para respirar no podría sobre-

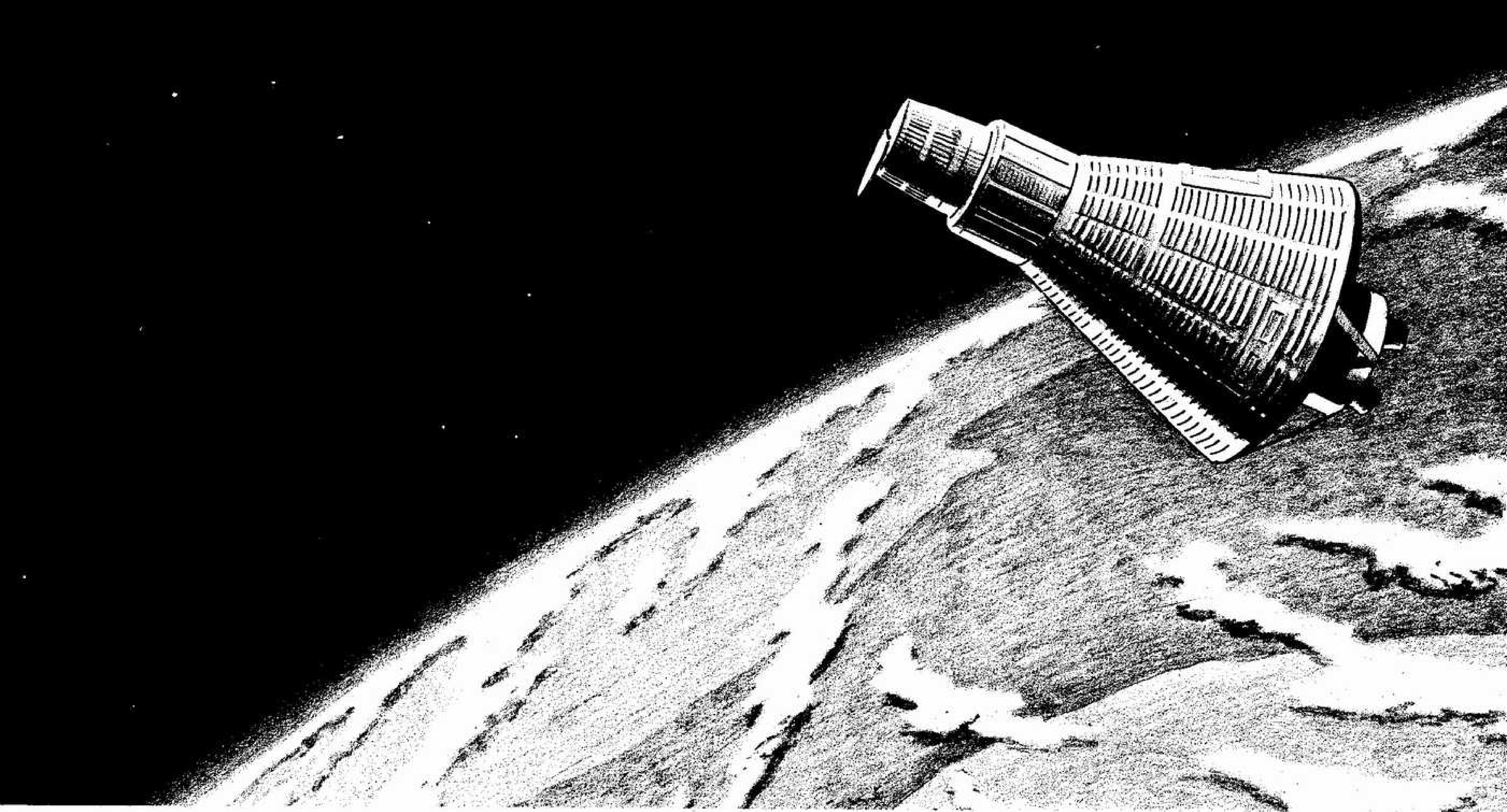
vivir. Si su temperatura aumenta o disminuye demasiado, morirá. Interrumpa la rutina normal del hombre en su descanso, alimentación y trabajo y se volverá irritable, fatigado y confundido. Prívesele de los ruidos familiares que escucha todos los días, poniéndolo en un cuarto sin ruidos llamado "cámara del silencio", y comenzará a dudar de su propia existencia. Expóngasele a un ruido excesivo, y sus membranas timpánicas se romperán, pequeñas venitas de sangre explotarán y sus ideas se volverán confusas. Confínesele en un pequeño espacio por varias horas y désele mucho trabajo para hacer, y comenzará a "ver cosas" y la ejecución de su trabajo será pobre. O désele demasiado poco trabajo para hacer en demasiado tiempo y la ejecución será igualmente pobre.

En la nueva era de vuelo exigimos que los hombres trabajen bajo estas precisas condiciones. Al llevar al hombre a más velocidad y más altura sobre la tierra, lo cargamos con una multitud de problemas que no debe enfrentar como una creatura terrestre. Aunque en muchos casos no hacemos más que intensificar muchas de las condiciones que encara en su trabajo y esparcimiento diarios. En tanto que el hombre se eleva más en la atmósfera, y más allá de ella, los fisiólogos deben protejerle del duro frío de la gran altura y baja presión que produce la falta de oxígeno. Y los psicólogos deben prepararlo para las sensaciones extrañas que no experimenta en tierra. Si el piloto no está preparado para enfrentarlas puede ser presa del miedo, la confusión o la fatiga mental, cualquiera de las cuales puede producir pánico.

En agosto de 1951, el piloto de prueba William B. Bridgeman estableció una altura record de 79.494 pies, justo a más de quince mil millas sobre la tierra, en el Douglas Skyrochet. Cuando fue entrevistado para una serie de programas de televisión de la Fuerza Aérea titulados *Médicos en el espacio*, describió su experiencia con estas palabras:

"Cuando se conectan los cohetes, le rechazan a uno hacia atrás con fuerza contra el asiento, y luego todo queda muy quieto. Todo lo que se escucha es un ruido sordo debajo de uno, pero se está demasiado ocupado vigilando los indicadores de nivel de combustible para pensar. Se tiene la impresión de que uno no pilotea la máquina en forma alguna —que uno está allí sentado atendiendo instrumentos e interruptores en tanto que el cohete le lleva a donde quiere ir. Luego se interrumpen los cohetes y uno es lanzado hacia adelante sobre el panel instrumental al decelerar, y después de esto se ocupa en procurar un buen aterrizaje en un avión caliente sin máquina . . .

"Se está tan ocupado prendiendo, cuidando y apagando interruptores, manipulando las máquinas cohete y vigilando los



Vista desde el espacio: "Al mirar a la tierra desde el espacio —escribió el astronauta John H. Glenn, Jr.— los colores e intensidades de la luz eran muy similares a los que había observado volando a gran altura en un avión. Cuando miraba hacia el horizonte, sin embargo, el panorama era completamente diferente, porque entonces la negrura del espacio contrastaba vivamente con el brillo de la tierra. El horizonte mismo es un brillante, brillante azul y blanco".

ochenta y seis diales y luces que registran la velocidad, aceleración, altura y temperatura que no se tiene mucho tiempo para mirar alrededor. He oído que Kit Murray observó un oscurecimiento del cielo alrededor de los 90.000 pies. Yo no lo noté. El cielo era increíblemente brillante en mi vuelo de altura. No había sonidos, excepto un leve silbido del aire fuera de la cabina. Se está realmente desconectado allá arriba, puedo decirles. Uno se pregunta si todavía tiene algún contacto con la tierra."

El astronauta John H. Glenn Jr., tuvo una experiencia visual algo diferente cuando dirigió su vista a la tierra desde una altura de unas cien millas. Vio varias formas claramente y en detalle. La siguiente cita ha sido sacada del informe oficial de su vuelo tri-orbital: "Se pueden ver ciudades del tamaño de Savannah y Charleston muy claramente. Creo que la mejor vista que tuve durante el vuelo fue la desierta región alrededor de El Paso en la segunda vuelta (órbita). Pude ver los colores del desierto y las áreas irrigadas del norte de El Paso. Se pueden ver las formas de las áreas irrigadas mucho mejor de lo que yo pensaba que fuese posible.

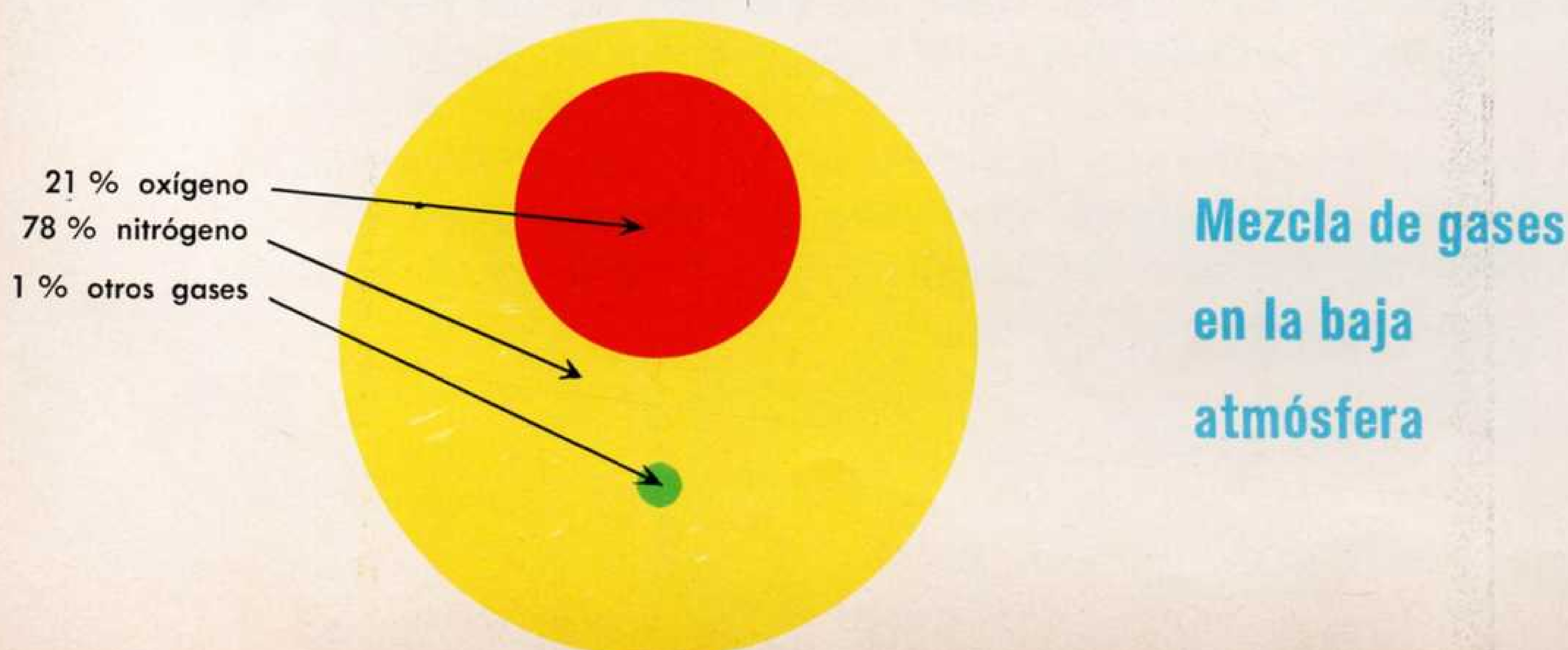
"Vi lo que presumo era la corriente del Golfo. Se ve que el agua tiene colores diferentes. Otra cosa que observé fue la estela de un barco. No pensaba en encontrar un barco. Observaba el agua y vi una pequeña V."

Arriba, arriba, arriba

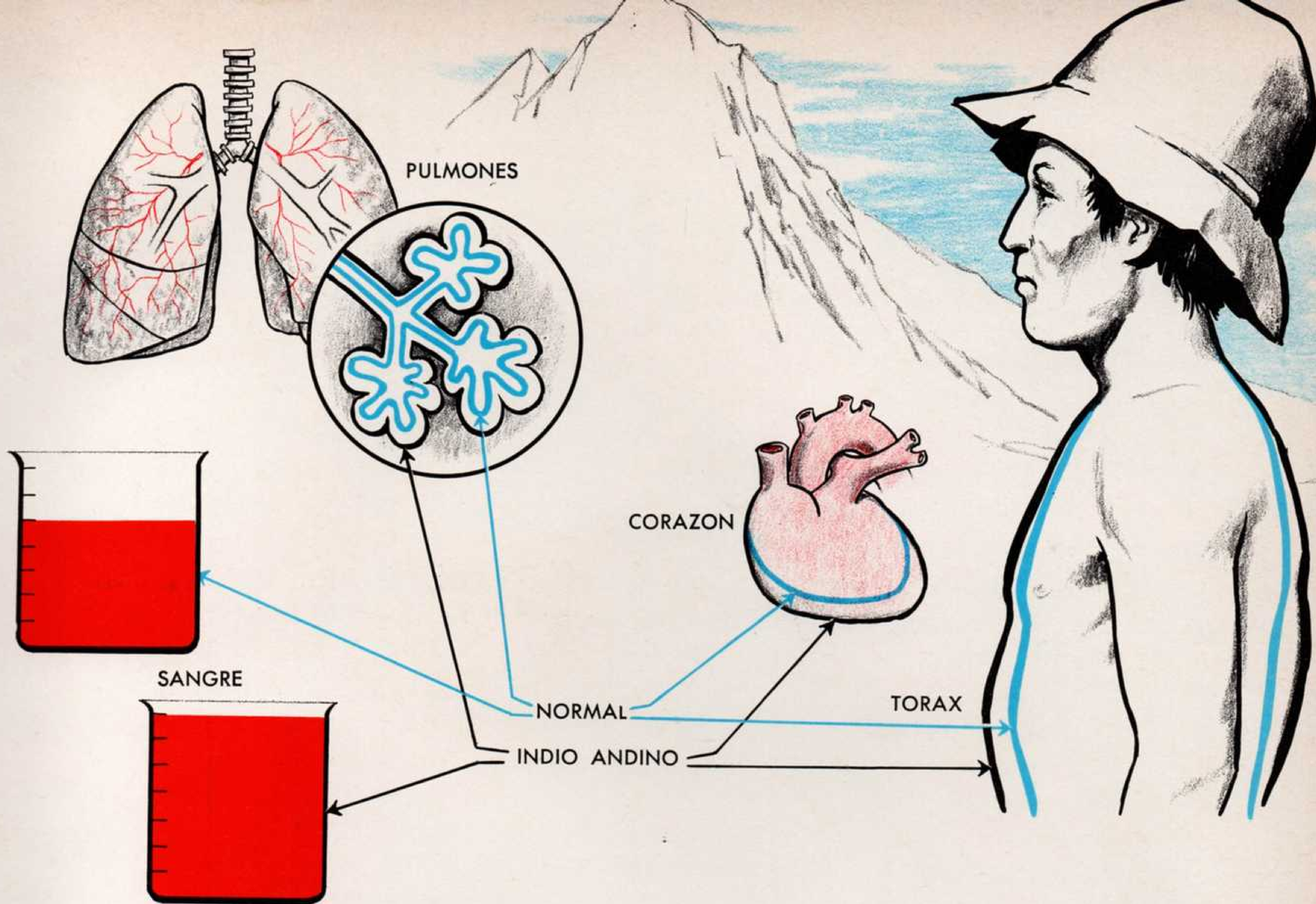
Mucho antes de que el aeroplano fuera inventado, viajeros del mundo que volvían de expediciones a las montañas andinas de América del Sur, se quejaban del "mal de la montaña". En cuanto los exploradores subían a 15.000 y 18.000 pies de altura les faltaba el aliento y se cansaban fácilmente. Aun cuando llegaban a las villas indias peruanas, se instalaban entre las cimas y descansaban, les faltaba el aliento. También se quejaban de dolores de cabeza y de una visión borrosa durante su estadía en ellas. Los indios que vivían en estas alturas no podían entender por qué los viajeros extranjeros se enfermaban. Ellos culpaban de la enfermedad de la montaña a los "malos espíritus".

Hoy sabemos por qué los viajeros se sentían mal. La baja presión atmosférica a 18.000 pies afectaba su aparato respiratorio. O, como dicen los psicólogos del espacio, sufrían una suave *hipoxia*. Los tejidos de su cuerpo no tomaban la cantidad de oxígeno a que estaban acostumbrados a nivel del mar, donde la presión atmosférica es mayor. ¿Por qué no se enfermaban los indios también? Por siglos esta gente de montaña se adaptó a la menor presión del aire. Desarrollaron cajas torácicas mayores, mayor capacidad pulmonar y más capilaridad en los tejidos absorbentes de oxígeno de los pulmones (llamados alvéolos). Del mismo modo, su corazón es hoy un veinte por ciento más grande que el de aquellas personas que viven al nivel del mar, y tienen aproximadamente dos cuartos más de sangre. Estos cambios físicos, de acuerdo con Marshall T. Newman, un antropólogo, han hecho posible a los indios vivir confortablemente en una atmósfera con sólo una mitad de la presión que se encuentra a nivel del mar.

Muchas personas creen que cuanto más nos elevemos en la atmósfera menos oxígeno hay en el aire. Esto es así sólo en un sentido, como veremos unas pocas páginas más adelante. Pero a una altura de alrededor de veinte millas (casi seis veces más alto que las villas indias del Perú), el aire está hecho de una mezcla poco homogénea: veintiuno por ciento de oxígeno y setenta y ocho de nitrógeno. El uno por ciento restante está compuesto por pe-



Mezcla de gases en la baja atmósfera



El vivir a grandes alturas por siglos ha dado al indio andino pulmones de mayor tamaño, corazones más grandes y más sangre que la que tiene la gente a nivel del mar. Estos cambios físicos les hacen posible tolerar la menor presión atmosférica.

queñas cantidades de argon, dióxido de carbono, neón, helio, metano, cripton, óxido nitroso, hidrógeno, ozono y xenón. Sin embargo, pasando las veinte millas, la mezcla de gases comienza a cambiar; pero los exploradores del espacio vivirán de estos gases, de los que hablaremos en el último capítulo, al tratar de las cabinas herméticas, cuando viajen a los planetas.

Si la mezcla del aire es poco más o menos la misma a veinte millas sobre la tierra que sobre el nivel del mar, el lector puede preguntarse por qué la Fuerza Aérea insiste en que los pilotos usen máscaras de oxígeno cuando vuelan a sólo dos millas sobre la tierra. La respuesta la encontramos en la presión atmosférica.

Mar de pelotas de ping-pong

Si todo el aire de nuestro planeta pudiera ser introducido en una gran bolsa plástica y situado en un super par de platillos de balanza, pesaría alrededor de 5.900.000.000.000.000 toneladas. Al igual que las creaturas cuyo hogar se encuentra en el fondo del mar, el hombre vive en el fondo de un vasto mar de aire sujeto

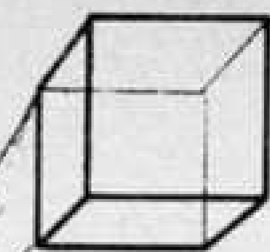
a la tierra por la fuerza gravitacional de nuestro planeta. Los incontable trillones de moléculas de gas que constituyen el aire que respiramos están amontonadas una encima de otra como jugadores de rugby en una pila. El hombre que está encima es libre de mover sus brazos y piernas. Pero los hombres de abajo de la pila están estrechamente juntos por el peso de los hombres de arriba. En forma muy similar, las moléculas de aire cercanas a la superficie de la tierra están estrechamente comprimidas por el peso de los trillones de moléculas que les empujan desde arriba. Al estar las moléculas superiores menos amontonadas, tienen más espacio para moverse.

La atmósfera, entonces, puede ser imaginada como un mar de pelotas de ping pong danzantes, apiñadas en las profundidades y en libre contacto cerca de la cima.

A nivel del suelo, una molécula puede moverse sólo unos pocos millonésimos de pulgada sin llevarse por delante a otra. Al disminuir la *densidad* de una molécula a mayor altura, a unas sesenta millas, una molécula puede moverse alrededor de una pulgada sin tropezar con otra. A 800 millas una molécula puede moverse unas 2.000 millas sin provocar una colisión.

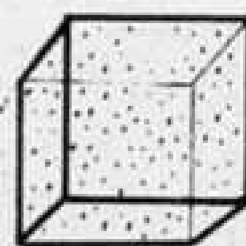
Cuando los físicos hablan de "presión atmosférica" expresan la densidad de las moléculas de aire a diferentes alturas. A nivel del mar, por ejemplo, la presión atmosférica es de 14,7 libras por pulgada cuadrada. Considerándolo de otra forma, imaginemos una columna de aire de un pulgada cuadrada y cien millas de alto. Pesándola sobre un platillo, esta columna tendrá un peso de 14,7 libras. Pero como el aire nos presiona por todos lados, nuestros cuerpos soportan mucho más de 14,7 libras. *Cada* pulgada cuadrada del cuerpo está soportando 14,7 libras de aire; de manera que en este momento alrededor de una tonelada de aire hace presión sobre usted. Pero usted no siente la tonelada externa de presión porque hay una presión interna en el cuerpo que la iguala. Pero si la presión se hace mucho más grande (cuando se sumerge en aguas profundas) o mucho menor (cuando vuela a sólo 2.000 ó 3.000 pies), su cuerpo experimenta un cambio. Cuanto más alto se eleva el hombre en la atmósfera, menos presión atmosférica encuentra. A una altura de 18.000 pies, donde viven los indios peruanos, la presión del aire es sólo la mitad que la del nivel del mar —7,43 libras por pulgada cuadrada. Si usted sube a 34.000 pies, encontrará que la presión ha sido dividida por la mitad otra vez, sólo 3,62 libras por pulgada cuadrada. A 100.000 pies, cerca de veinte millas sobre la tierra, la presión atmosférica es sólo la nonagésima quinta parte que la del nivel del mar, o alrededor de un sexto de libra por pulgada cuadrada. A cualquier altura

ESPACIO LIBRE



Una
partículas de aire
por centímetro cúbico ac

1.200 millas



Alrededor de
100 partículas de aire
por centímetro cúbico aquí.

EXPLORER III

EXOSFERA

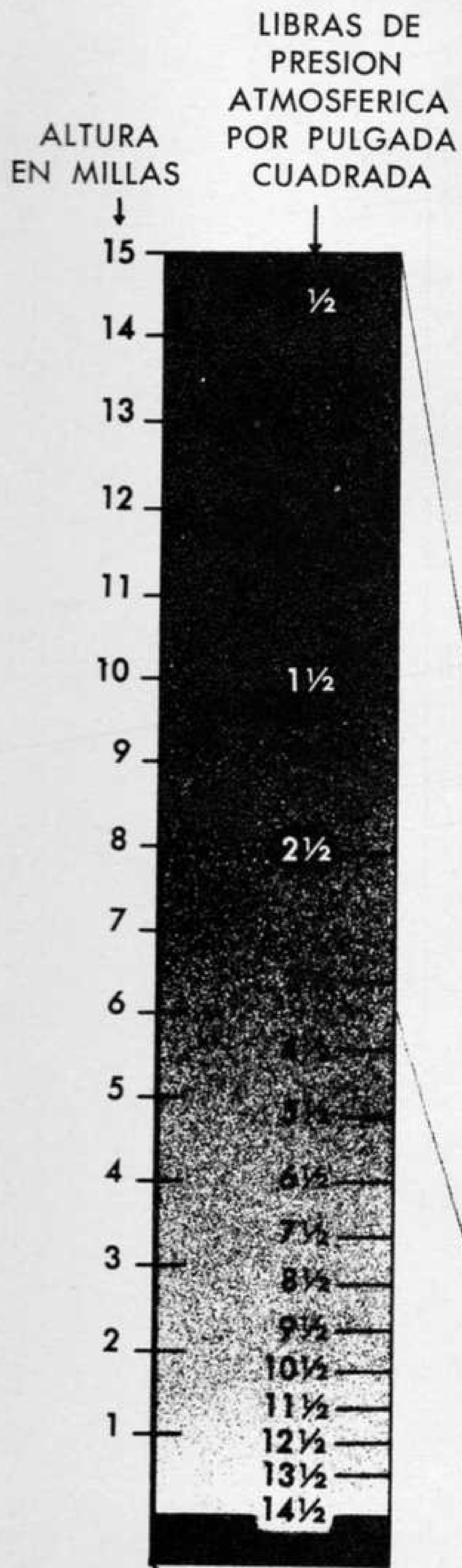
EXPLORER I

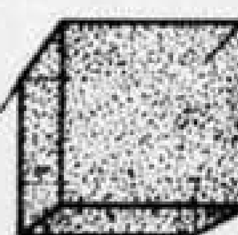
EXPLORER IV

SPUTNIK II

SPUTNIK III

600 millas





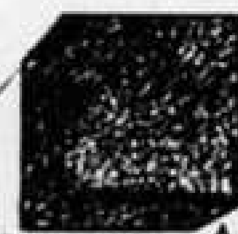
Alrededor de
1.000.000 partículas de air
por centímetro cúbico aqu

AURORA

ATLAS

SPUTNIK I

IONOSFERA



Alrededor de
100.000.000.000.000
partículas de aire
por centímetro cúbico aq

METEORITOS

50 millas

ESTRATOSFERA



Alrededor de
1.000.000.000.000.000.000
partículas de aire
por centímetro cúbico aqu

TECHO PARA LA MAYOR
PARTE DE LAS NUBES

7 millas

TROPOSFERA

MT. EVEREST

Alrededor de
10.000.000.000.000.000.000



Un sujeto de prueba en una cámara de altura muestra lo que sucede cuando se quita su máscara de oxígeno. La falta de oxígeno, llamada "hipoxia", produce un estado de inconsciencia. A los 26.000 pies la pérdida del sentido sobreviene en cuatro a seis minutos; a 30.000 pies en uno a dos minutos; a 38.000 pies en treinta segundos o menos; o pasando los 50.000, en quince segundos o menos. Estas cifras varían con cada individuo y la clase de trabajo que pueda estar realizando.

superior a ésta, en lo que a presión atmosférica concierne, usted podría estar a medio camino de la luna.

A través de los años, los pilotos han aprendido que la hipoxia puede aumentar sin aviso notable. En las primeras etapas de la hipoxia un piloto experimentado puede darse cuenta de que necesita más oxígeno y que debe hacer algo. Puede aumentar su suministro de oxígeno o picar a una menor altura, donde la presión del aire es mayor. Pero la hipoxia no puede detectarse siempre. Puede sobrevenir tan rápidamente que o bien se da cuenta demasiado tarde, o bien no se da. Su pensamiento se vuelve confuso, su visión borrosa, sus dedos y manos se mueven torpemente, y una peligrosa sensación de bienestar, llamada *euforia,* barre todo peligro de su mente. Momentos más tarde puede estar muerto.

Durante la Segunda Guerra Mundial, según la Fuerza Aérea, "alrededor de 110 pilotos fallecieron por falta de oxígeno, y se estima que unos 10.700 quedaron inconscientes, pero revivieron por la provisión del oxígeno necesario".

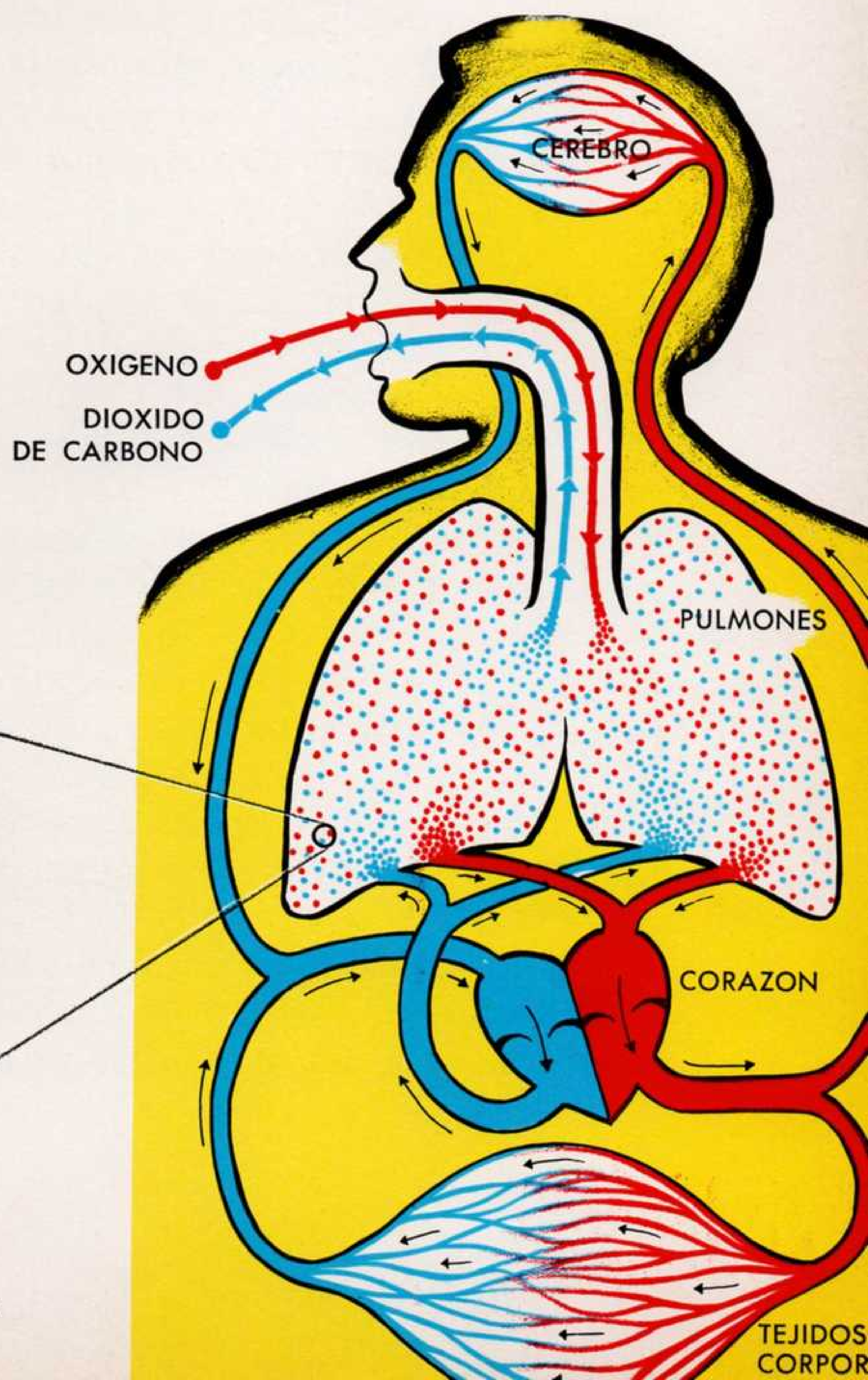
Para protejer a las tripulaciones de vuelo de la falta de oxígeno, la Fuerza Aérea provee a cada hombre de una máscara de oxígeno con un botón que regula el suministro. Al cambiar los controles, un miembro de la tripulación puede respirar: 1) una *mezcla* de aire y oxígeno; 2) cien por cien oxígeno; 3) cien por cien oxígeno forzado dentro de sus pulmones a presión. La altura del aeroplano determina la colocación del control del regulador de oxígeno.

La Fuerza Aérea insiste que en vuelos de más de 10.000 pies todos los miembros de la tripulación dependen del oxígeno. De 10.000 a 34.000 pies, una mezcla de aire y oxígeno es beneficiosa. Sin embargo, de 34.000 a 42.000 pies, se encontraría uno en dificultades si continuara respirando esta mezcla. Los gases de desecho —vapor de agua y dióxido de carbono— que penetran en los

pulmones a través de los tejidos del cuerpo, comenzarían a amontonar la mezcla de aire-oxígeno que entra en los pulmones a través de la máscara. Comenzando a 34.000 pies, para evitar la inconsciencia, tendría que pasar a cien por cien de oxígeno. Esto elevaría la *presión parcial* del oxígeno en sus pulmones, proveyendo a su cerebro y tejidos corporales del combustible de oxígeno suficiente como para mantenerlo trabajando adecuadamente. Pero pasando los 42.000 pies la presión atmosférica es tan baja que aun 100 por cien de oxígeno no le mantendría con vida. A esta altura usted cambia a respiración por presión.

En la respiración por presión, el 100 por cien de oxígeno es forzado dentro de sus pulmones a presión. Esto produce una rara sensación y usted se encuentra con que debe respirar al "revés". En la respiración normal usted se esfuerza un poco cada vez que inhala; pero exhala sin esfuerzo alguno. En la respiración por presión ocurre lo contrario. Sin esfuerzo de su parte, el oxígeno es forzado dentro de sus pulmones a través de su máscara. Usted no hace nada. Pero para exhalar debe expulsar el aire fuera de sus pulmones. Aprender a respirar por presión exige algo de prác-

Cuando usted respira inhala oxígeno del aire. Miles de cavidades de aire (alveolos) en los pulmones pasan el oxígeno al torrente sanguíneo. Los tejidos de su cuerpo usan el oxígeno y devuelven dióxido de carbono, un gas de desecho, a la sangre. La sangre luego lleva el dióxido de carbono a los alveolos, los que vacían el gas en sus cavidades pulmonares, y de allí lo exhala usted.





Fotografía aumentada de los tejidos alveolares en los pulmones.

tica, particularmente si se le obliga a hablar por el intercomunicador al mismo tiempo. Lo que la respiración por presión hace por usted, es elevar la presión del oxígeno en sus pulmones. Esto asegura a los tejidos de su cuerpo la obtención del oxígeno suficiente para mantenerlo vivo.

A los 50.000 pies, sin embargo, ni la respiración por presión le puede mantener vivo. A esta altura, la presión atmosférica es de 1,69 libras por pulgada cuadrada. Y sucede que la presión de los gases de desecho que los tejidos del cuerpo llevan a los pulmones es también de 1,69 libras por pulgada cuadrada. Lo que esto significa es que no hay más espacio en los pulmones para más oxígeno. Esta condición se denomina *anoxia*, lo que significa que los tejidos del cuerpo no reciben oxígeno puro. Pasando los 50.000 pies, no importa la cantidad de oxígeno puro que trate de respirar, simplemente no puede permanecer con vida. Lo que necesita es una cabina o traje de presión.

Una persona saludable en buenas condiciones físicas puede soportar la falta de oxígeno unos pocos segundos más que otra enfermiza. Pero con o sin salud, todos necesitamos oxígeno; sin él moriríamos. Si no usara una máscara de oxígeno podría esperarse que reaccionaría usted a la hipoxia en las siguientes formas (recuerde que cuanto más se eleva, menos presión atmosférica hay. Y a menor presión, la falta de oxígeno sobreviene más rápidamente):

De 8.000 a 10.000 pies por más de cuatro horas comenzará a sentirse cansado y perezoso. Esta sensación permanecerá tanto como usted permanezca en esta altura.

De 10.000 a 15.000 pies por dos horas comenzará a sentirse cansado y adormilado. Gradualmente le sobrevendrá un dolor de cabeza y demostrará poco raciocinio en su trabajo.

De 15.000 a 18.000 pies tendrá una falsa sensación de bienestar por media hora y excesiva confianza en cualquier cosa que haga. Si trabajara con problemas aritméticos, haría muchos errores y encontraría muy difícil concentrarse. También, su memoria comenzaría a fallarle. Su visión se haría borrosa y se daría cuenta de que el control de sus músculos no es firme. Y si estuviera en precarias condiciones físicas, quedaría inconsciente.

Más allá de los 18.000 pies, todos estos síntomas sobrevendrán más rápidamente. Además, no sería capaz de resolver un problema. Se encontraría atacado por raptos de risa y llanto sin motivo particular.

A los 26.000 pies perdería el conocimiento en cuatro o seis minutos; a 30.000 pies, en uno o dos minutos; a 38.000 pies, en treinta segundos; a más de 50.000 pies, en diez o doce segundos.



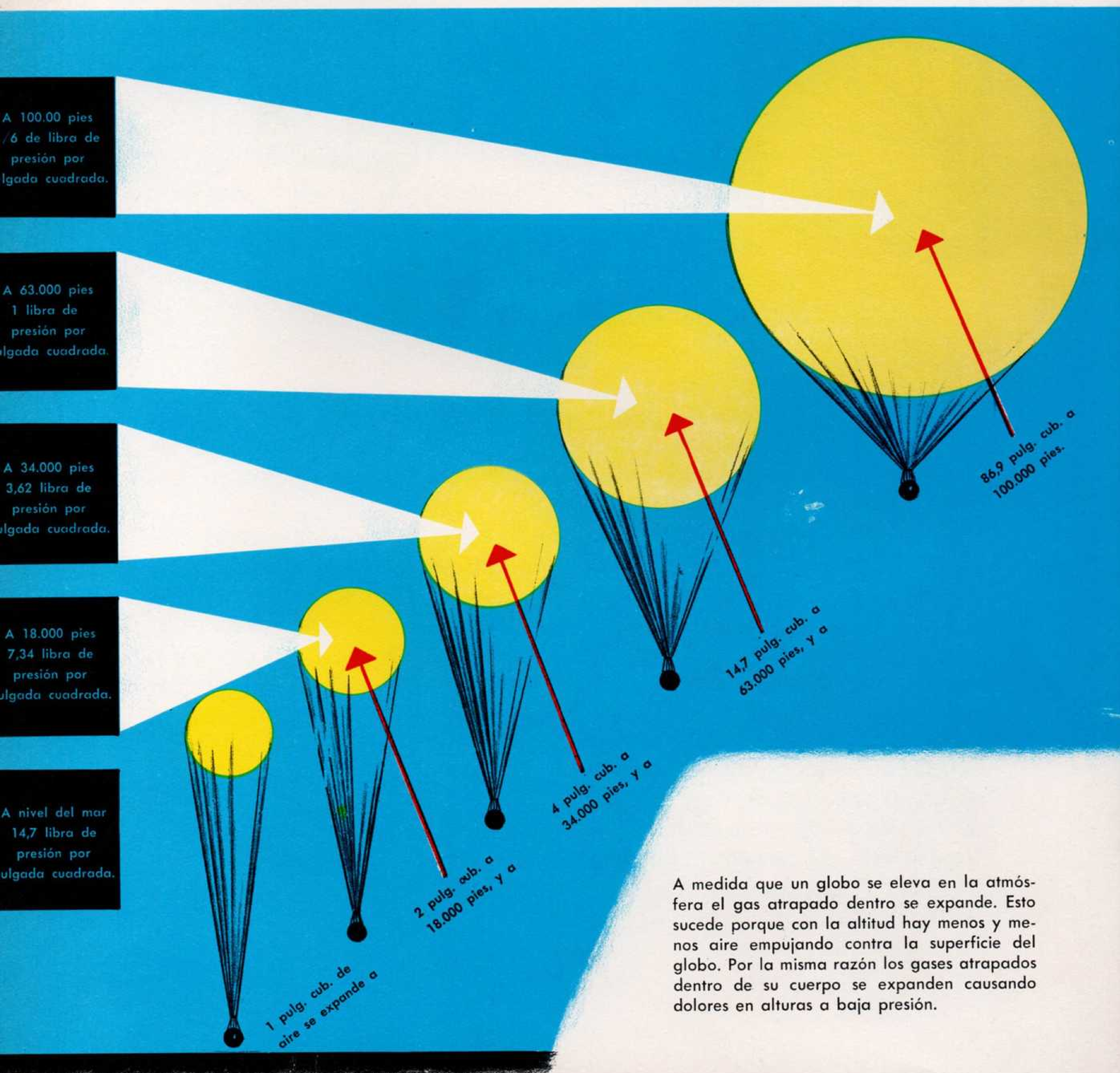
Cuando un piloto respira demasiado rapidamente toma demasiado oxígeno. El resultado es endurecimiento de los dedos, pérdida de coordinación, e inconsciencia. Miedo o shock pueden producir respiración rápida o hiperventilación.

De manera que un piloto que está volando a más de 50.000 pies y pierde su provisión de oxígeno, tiene menos de quince segundos de lucidez útiles para llevar a su avión ocho millas más abajo a una altura plena de oxígeno.

Hubo casos en que los pilotos han respirado demasiado oxígeno. Esto puede ser tan peligroso como respirar demasiado poco. Si un piloto, usando máscara de oxígeno, respira demasiado rápidamente, entrará en su corriente sanguínea y en su cerebro un superabastecimiento de oxígeno. Esto causa un estado conocido como superventilación. Luego de cinco minutos de superventilación, o respiración rápida, los músculos del cuerpo comienzan a ponerse tensos, los dedos se endurecen, dificultándole al piloto el manejo de la palanca de comando o la operación de los diales e interruptores. Transcurridos unos diez minutos, los ojos se cierran y los espasmos musculares distorsionan la cara e inutilizan los dedos. El temor y no saber cómo respirar adecuadamente a través de una máscara de oxígeno pueden producir superventilación.

Retortijones, ahogos y temblores

Recibir demasiado poco o mucho oxígeno no es el único problema que puede enfrentar un piloto a grandes alturas. La baja presión atmosférica a gran altura sobre la tierra, juega otras tretas a nuestros débiles cuerpos. El hombre normal tiene alrededor de treinta pies de tubo llamado aparato gastrointestinal —su laringe, estómago e intestinos. Cuando usted come, se las compone para tragar y conservar alrededor de un cuarto de aire en su abdomen. A nivel del mar, este aire encerrado en el cuerpo no ocasiona problemas. Pero el cuadro cambia con la altura. A los 16.500 pies, la menor presión atmosférica permite al aire que se encuentra dentro



A medida que un globo se eleva en la atmósfera el gas atrapado dentro se expande. Esto sucede porque con la altitud hay menos y menos aire empujando contra la superficie del globo. Por la misma razón los gases atrapados dentro de su cuerpo se expanden causando dolores en alturas a baja presión.



Durante la "rápida descompresión" en cámara de altura en tierra, la presión atmosférica es reducida brúscamente, tal como sucedería si el cockpit a presión del piloto le fallara repentinamente en vuelo. La niebla es causada por el rápido cambio de presión.

de usted, expandirse a dos cuartos de su volumen. A 25.000 pies aumenta a tres cuartos. A 39.000 pies se expande a siete cuartos. ¡Y a 50.000 pies se dilata a diecisiete cuartos!

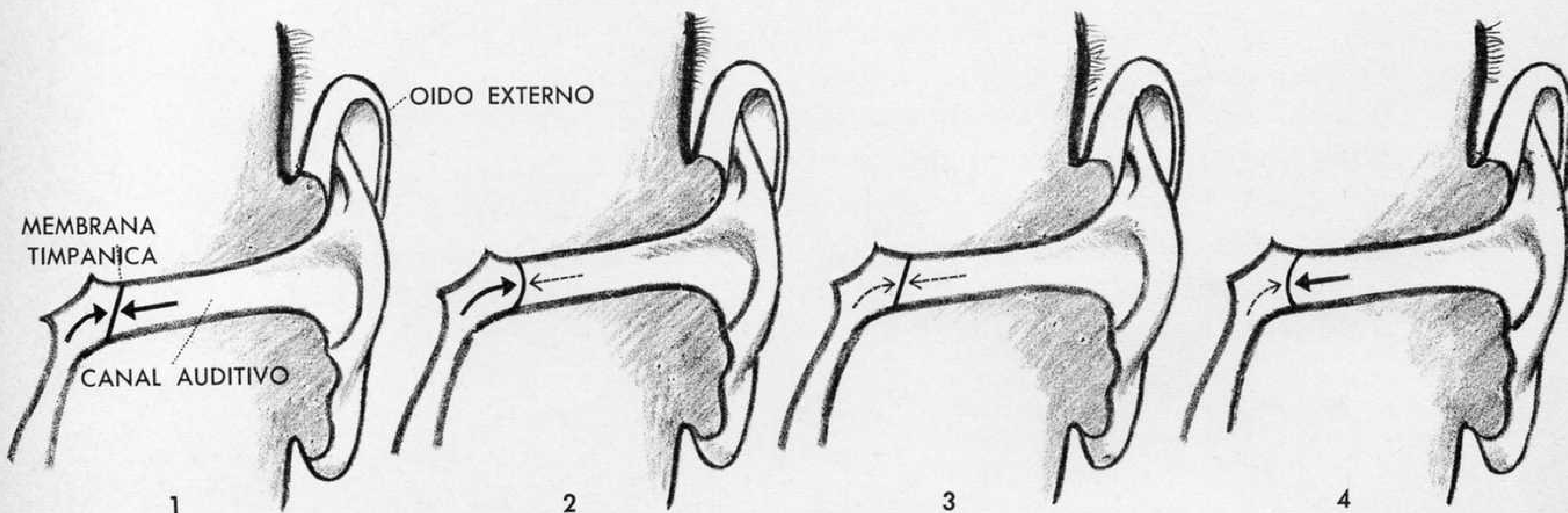
Si la cabina a presión de un piloto le fallara repentinamente a los 50.000 pies, se encontraría en serios apuros. Su abdomen se hincharía causándole agudos dolores, tan intensos como para hacerle perder el conocimiento. La única forma de evitar esos dolores sería reparar la cabina a presión o picar hacia una menor altura, donde la presión atmosférica impidiera a los gases del cuerpo la expansión. Los pilotos elegidos para misiones de gran altura son prevenidos contra la ingestión de alimentos productores de gases: cebollas, repollo, manzanas, rábanos, pepinos, melones, cerveza y otras bebidas carbonatadas.

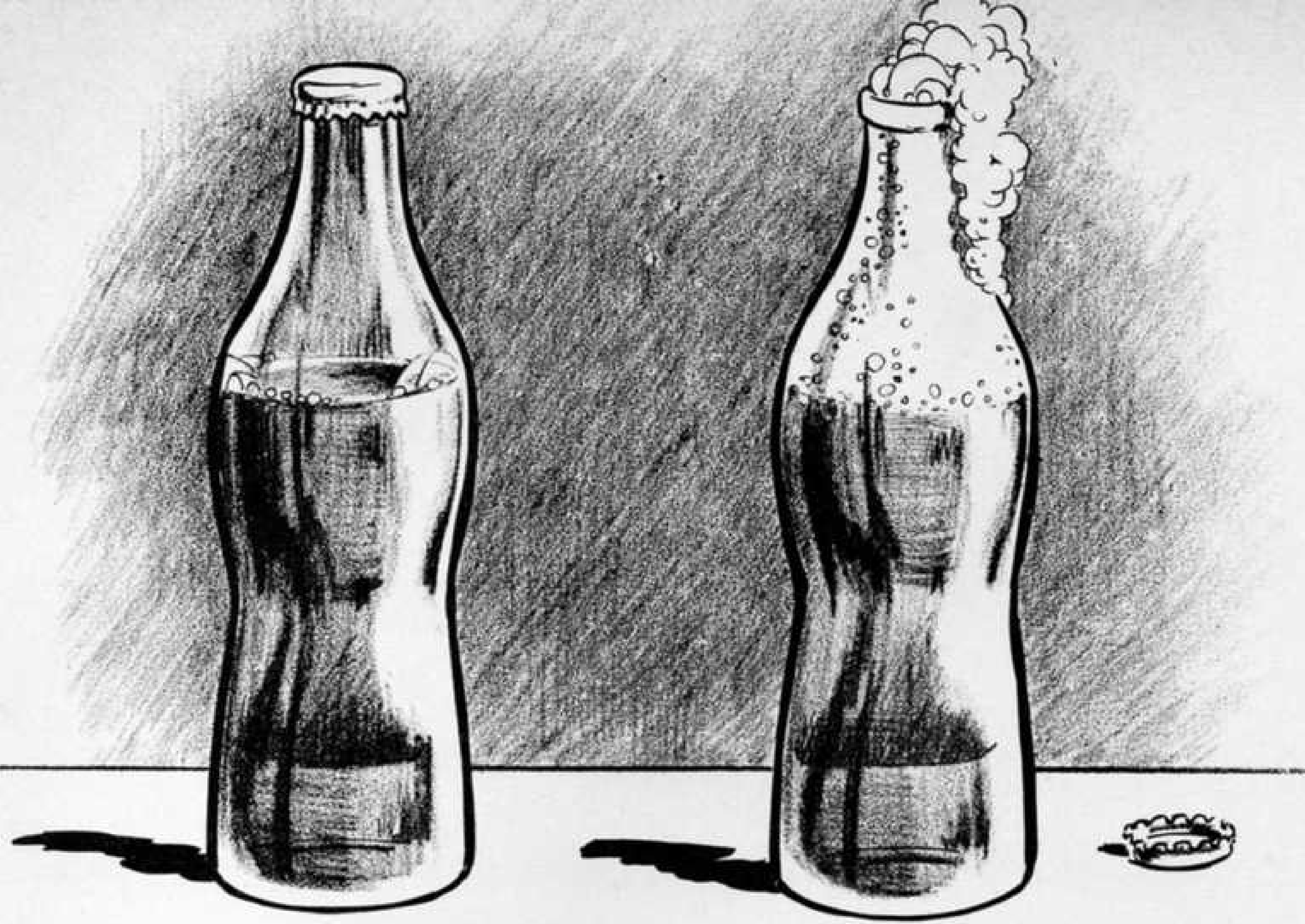
Hay todavía otras trampas de aire en el cuerpo que pueden hacer que un piloto busque menores alturas a causa de los dolores. A las personas que tienen fuertes resfríos, no se les aconseja hacer vuelos de gran altura. Si los canales y pequeños conductos que

dan al oído medio se obstruyen con mucosa, el aire atrapado en ellos se dilata y produce un gran dolor de cabeza y de oídos. Algunos pilotos se han quejado de dolores dentales cada vez que vuelan a grandes alturas. La razón puede parecer divertida, pero el dolor no lo es. Si un dentista no realiza una obturación correctamente, dejando un pequeño espacio de aire entre la amalgama y las paredes de la cavidad, está ocasionando problemas a su piloto-paciente. A gran altura el aire atrapado en la cavidad se expande y presiona el nervio dental. El resultado es un agudo dolor. Algunos pilotos han perdido amalgamas mal colocadas a gran altura. El aire debajo de la amalgama se dilató tanto que ésta saltó.

La baja presión del aire a grandes alturas crea aún otros problemas a los pilotos de vuelo a gran altura. Día y noche el nitrógeno en el aire que usted respira entra en su sangre y se disuelve en los líquidos de su cuerpo. Algo similar ocurre en una fábrica de gaseosas. Gas de dióxido de carbono es forzado dentro de una botella de cerveza bajo presión. En tanto que la botella permanece tapada, el gas permanece en solución; pero tan pronto como se reduce la presión al quitar la tapa, el aire se escapa en burbujas. A gran altura la presión reducida del aire hace que el nitrógeno en los tejidos de su cuerpo se comporte de la misma manera. Pasando los 33.000 pies, un piloto puede tener *retortijones*. Los retortijones son agudos dolores producidos cuando las burbujas de nitrógeno se forman alrededor de las articulaciones corporales, particularmente las rodillas, hombros y codos. O puede tener *ahogos* —una quemante sensación en el pecho, y respiración dificultada por las burbujas de nitrógeno que obstruyen la sangre en los pulmones. O puede tener *temblores* —una sensación de cosquilleo causada por las burbujas de nitrógeno atrapadas bajo la piel.

A nivel del mar, el aire que presiona contra la membrana timpánica tanto de adentro como de afuera es el mismo (1). Al ascender a aire menos denso la menor presión externa hace curvar la membrana timpánica y causa dolor (2). Pero lentamente la presión interna la iguala y la membrana timpánica se relaja una vez más (3). Tan pronto como desciende a aire más denso la presión externa aumenta y empuja la membrana hacia adentro (4). Después de regresar a la tierra, la membrana timpánica vuelve a su posición normal.







La alta presión del aire dentro de una botella de soda tapada mantiene al gas de dióxido de carbono en solución. Pero cuando se saca la tapa, disminuye la presión del aire y permite que las burbujas de aire se escapen. Algo muy similar ocurre dentro de su cuerpo a gran altura. La baja presión del aire permite al nitrógeno en los tejidos de su cuerpo formar burbujas de gas, las que se sitúan alrededor de las articulaciones de brazos y piernas (derecha) y causan dolores llamados "retortijones"

Los médicos espaciales llaman a estas burbujas de nitrógeno *aerobulosis*. Son peligrosísimas cuando afectan al sistema nervioso central. Cuando esto sucede, la visión del piloto se vuelve borrosa, sobrevienen fuertes dolores de cabeza con vómitos, y se paraliza un lado de su cuerpo. Hay dos formas de prevenirse contra la aerobulosis. Disminuir la altura para que de esta manera la mayor presión del aire vuelva las burbujas de nitrógeno a solución. O antes que comience el vuelo, respirar 100 por ciento oxígeno por una hora aproximadamente. Respirando 100 por ciento de oxígeno se reduce la acumulación de nitrógeno en el cuerpo, dejándolo depositarse en los pulmones, donde es exhalado como gas.

Cabinas y trajes a presión

Durante la Segunda Guerra Mundial, cuando los afamados bombarderos B-29 estuvieron en el aire, los vuelos a gran altura por largos períodos se hicieron tarea de rutina. Para mantener a las tripulaciones confortables y trabajando con máxima eficiencia, la Fuerza Aérea construyó cabinas a presión en los B-29. Hoy, la mayoría de las líneas aéreas comerciales y todos los aviones militares jet y cohetes, tienen cabinas a presión como equipo standard.

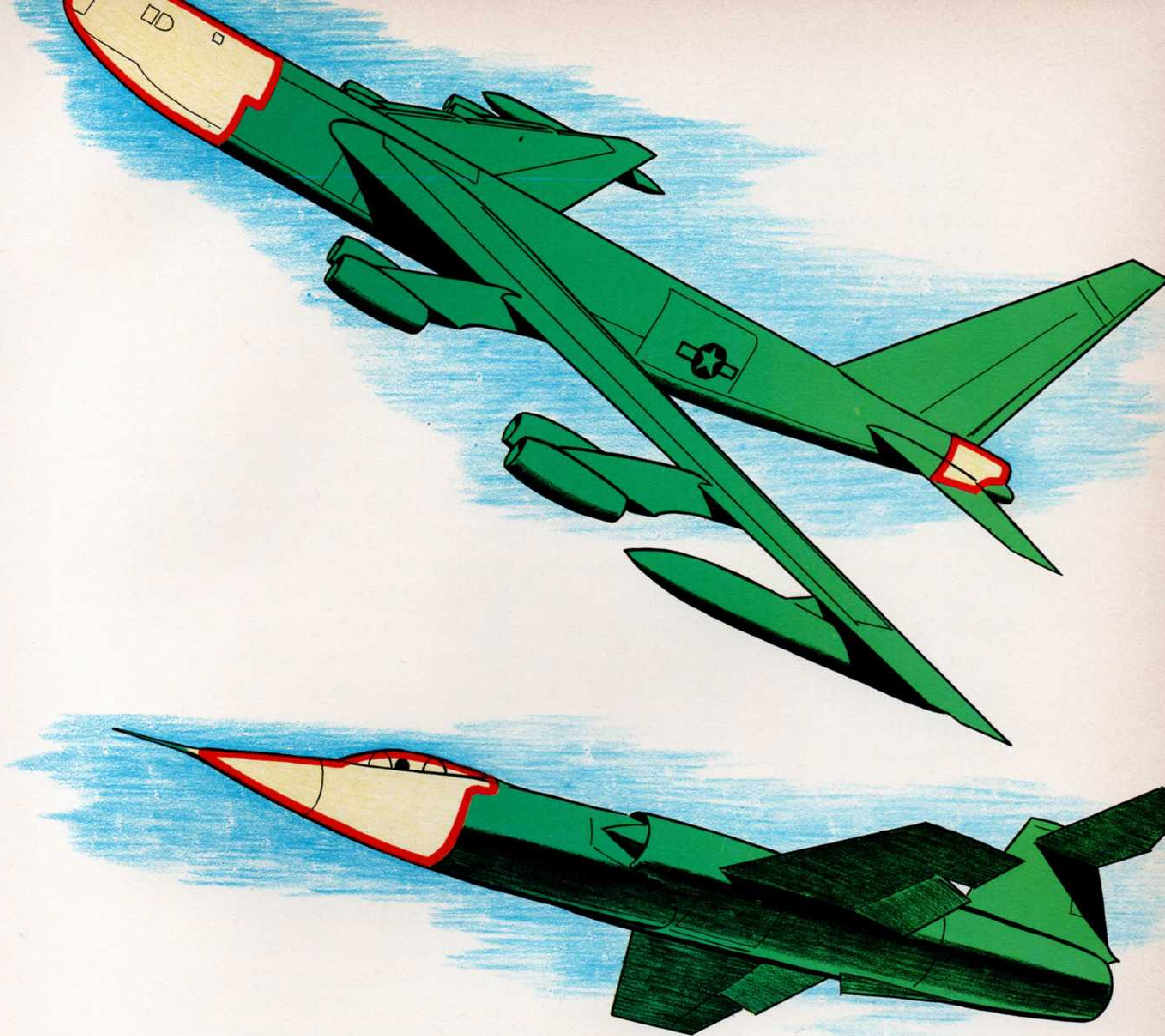
La cabina a presión hace tres cosas por el piloto y la tripulación. Les permite elevarse mucho más sin usar máscaras de oxígeno, les da más altura con las máscaras puestas; y les permite ir a mayor altura sin las molestias que producen los dolores de las burbujas de nitrógeno.

Todo lo que la cabina a presión hace es absorber aire fuera del aeroplano y comprimirlo dentro de la cabina. En un avión que vuela a 30.000 pies, por ejemplo, la cabina a presión puede mantenerse a unos 8.000 pies. Recuérdese que a los 30.000 pies aproximadamente, los primeros síntomas de los retortijones pueden aparecer y causar molestias. Pero con una cabina a presión de sólo 8.000 pies, el piloto no se preocupa de los retortijones. No tiene que respirar a través de su máscara de oxígeno. Desgraciadamente, la cabina a presión de un avión de combate o bombardeo no puede permanecer a 8.000 pies sin relación con el ascenso del avión.

Si un avión con una cabina a presión para 8.000 pies ascendiera a 100.000 pies, tendrán lugar numerosas pérdidas de aire. La mayor presión del aire dentro de la cabina, produciría demasiadas fuerzas y tensiones en el fuselaje. Ventanillas y remaches saltarían por todos lados y la tripulación se encontraría en un aprieto. Cuanto más asciende el aeroplano, menor debe ser la presión de la cabina.

No, el cielo no es el límite para un avión con cabina a presión. Hay un límite bien definido —entre 70.000 y 80.000 pies. Las cabinas a presión no son prácticas a esta altura por dos razones: primero, el ozono y otras composiciones químicas venenosas se encuentran a esta altura (ver la sección *La Cabina Hermética* en el capítulo final). Serían atraídos dentro del avión en peligrosas cantidades, en tanto que éste absorbe y comprime el aire externo. Segundo, el aire es extremadamente raro a esta altura, sólo un treinta avo de la densidad a nivel del mar. Los compresores de aire del avión tendrían que trabajar activamente para comprimir este aire tan rarificado que se calentaría a 400° F. Ningún ser humano podría soportar esta temperatura. Aunque este aire podría ser enfriado por refrigeración, el peso agregado al avión por un sistema especial de refrigeración lo haría impráctico.

La Fuerza Aérea ha resuelto este problema muy simplemente. Cada miembro está provisto de su propia cámara de presión —un traje a presión. La Fuerza Aérea lo llama "traje de presión parcial" porque deja las manos y los pies libres para trabajar. Un casco con la zona facial recubierta de plexiglas, herméticamente cerrada, proteje la cabeza y el cuello del hombre. El resto del traje es una ajustada vestimenta de nylon con tubos de goma que corren por debajo de los brazos, el torso y las piernas.



Cuando los pilotos vuelan a grandes alturas deben llevar consigo sus sistemas de aire a presión para estar confortables. Las áreas marcadas muestran las cabinas a presión del B-52C Stratofortress (arriba) y del F-104A Starfighter (abajo).

Si la cabina a presión del aeroplano tiene una pérdida, dejando al piloto expuesto a 40.000 pies o más, el traje a presión entra en acción automáticamente. Los tubos a lo largo de los brazos y piernas se hinchan, volviendo tenso el traje contra el cuerpo del piloto. Esto ocurre al forzar oxígeno a gran presión dentro de los tubos. Ajustado, el traje toma el lugar de la presión ordinaria del aire contra el cuerpo. A todo miembro de la tripulación que vuele a más de 50.000 pies se le exige el uso de un traje de presión parcial como recurso de emergencia. Para demostrar lo bien que funciona, los científicos han usado el traje hasta diez minutos en altitudes de presión de hasta 200.000 pies.

El traje de presión parcial jamás será usado en vuelo espacial. Fue diseñado como recurso de emergencia para protejer a los miembros de la tripulación en caso que las cabinas a presión fallasen repentinamente, o se encontrasen en la exigencia de abandonar su aeronave a una altura extremadamente elevada. Para vuelos espaciales, los hombres necesitarán trajes a presión "total" y cabinas herméticas, de las que nos ocuparemos en el capítulo final.

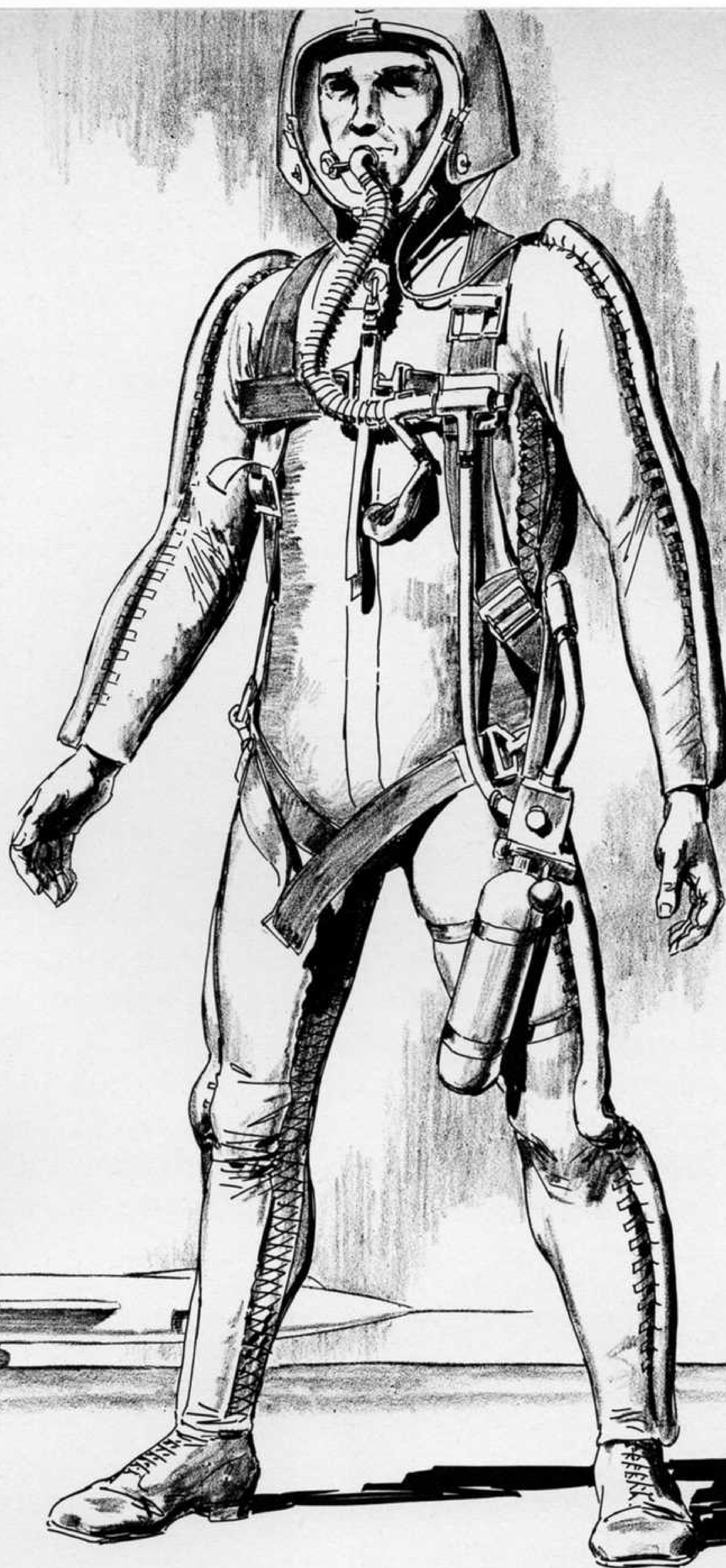
Más y más frío

El hombre, al explorar la atmósfera en globos, luego en aeroplanos, y más tarde en cohetes y satélites, descubrió que el cuadro de la temperatura era complejo. En tanto que uno se eleva más y más a través de la atmósfera, la temperatura no se enfría constantemente hacia el tope de nuestra manta de aire, como se podría suponer. Sin embargo, en las primeras siete millas lo hace. Hasta siete millas la temperatura baja alrededor de 1° F por cada 300 pies de ascenso. De modo que a una altura de siete millas la temperatura baja a unos —45° F. Pasando esta altura, hasta unas veinte millas, la temperatura es regularmente constante, alrededor de —67° F. Luego comienza a caldearse; a treinta y una millas llega a la elevada aproximación de 176° F. Este súbito caldeamiento es causado por una capa de gas llamado ozono. Ozono es oxígeno pesado hecho de tres átomos en vez de dos. Este gas es producido cuando la radiación del sol rompe las moléculas de oxígeno regulares (O_2), cambiándolas a moléculas de oxígeno pesado (O_3). En el proceso se produce calor, causando el repentino caldeamiento de la zona de ozono. Pasando la capa de ozono, la temperatura decrece nuevamente. A una altura de más de cincuenta millas se encuentra una baja temperatura de unos —27° F.

Pasando una altura de cincuenta millas, la palabra "calor", como la mayoría de nosotros la usa, pierde su significado. De un día de calor del verano decimos que está caluroso. La clase de calor a que nos referimos, es producida por los rápidos choques de las moléculas de aire contra nosotros. Trillones y trillones de estas moléculas, al golpear nuestras ropas y piel, transfieren calor a nuestros cuerpos. En la enrarecida atmósfera superior, sin embargo, hay demasiado pocas moléculas que permitan la transmisión del calor. Enfoque el problema de esta manera:

Imagine una línea de diez automóviles con solo una pulgada entre los paragolpes. Usted está sentado en el primero esperando el cambio de luz. Pero el conductor del último de la línea se impacienta y golpea el coche que está delante de él. Cada coche de la línea transfiere el golpe chocando con el automóvil situado

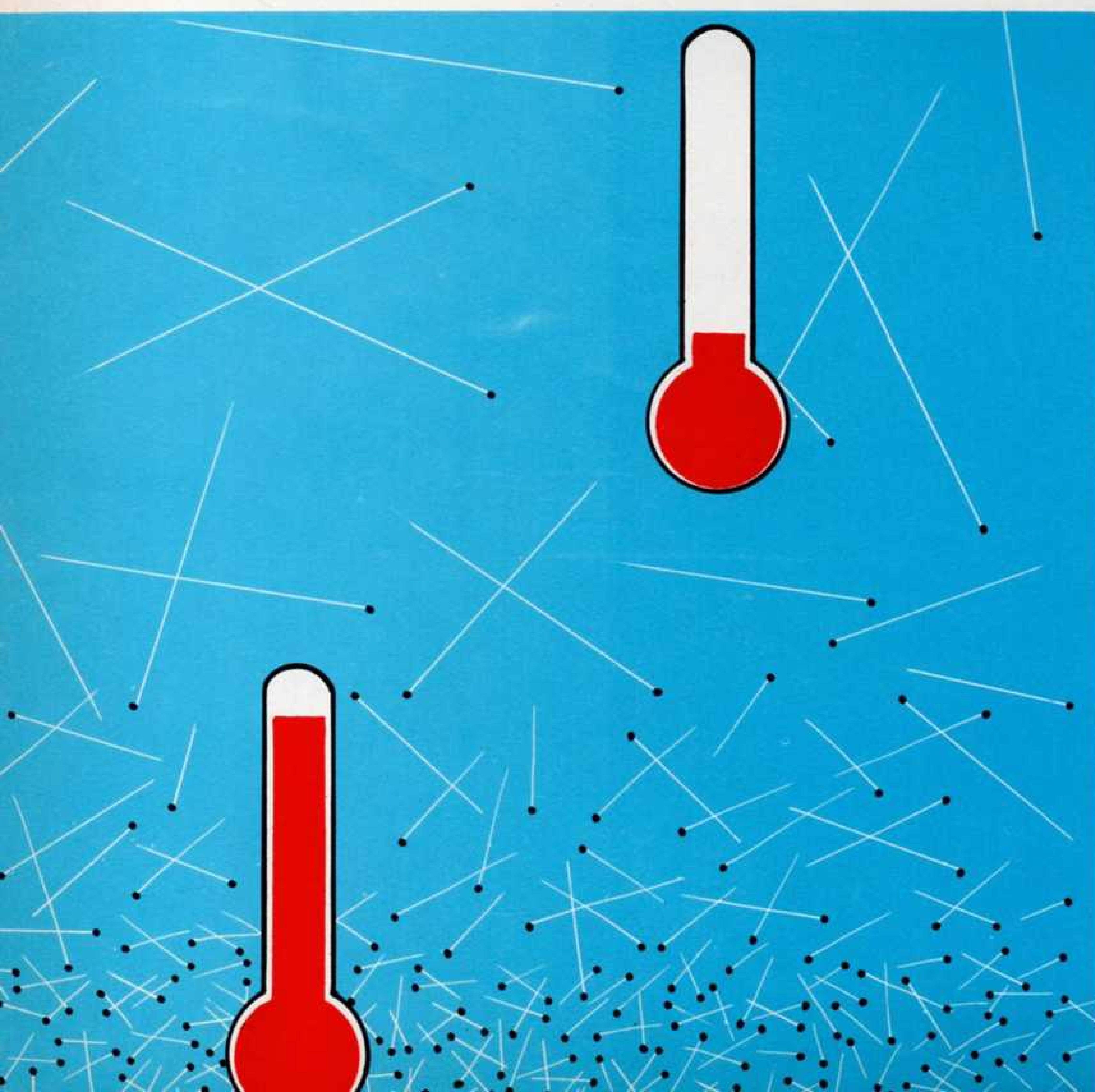
Si la cabina a presión de un piloto falla a gran altura, usa su traje de presión parcial. Aire bombeado dentro de tubos por brazos y piernas, hace que el traje se ajuste perfectamente alrededor del cuerpo del piloto, tomando el lugar de la presión ordinaria del aire. Se denomina traje de presión "parcial" porque las manos y pies del piloto están libres.



delante. Finalmente el golpe le llega a usted, que está al principio de la línea. Las moléculas en el aire están chocando constantemente unas con otras en todas las direcciones. Y esas moléculas próximas a su piel transfieren los golpes a su cuerpo como calor. Cuanto más rápidos y frecuentes son estos golpes moleculares, tanto más calor siente usted. Pero si tres automóviles de la línea se retiran, dejando un amplio espacio entre el coche suyo y el de atrás, el golpe producido por el coche del final no le alcanzará. Las considerables distancias entre las moléculas de aire en la atmósfera superior impiden, en la misma forma, la transmisión del

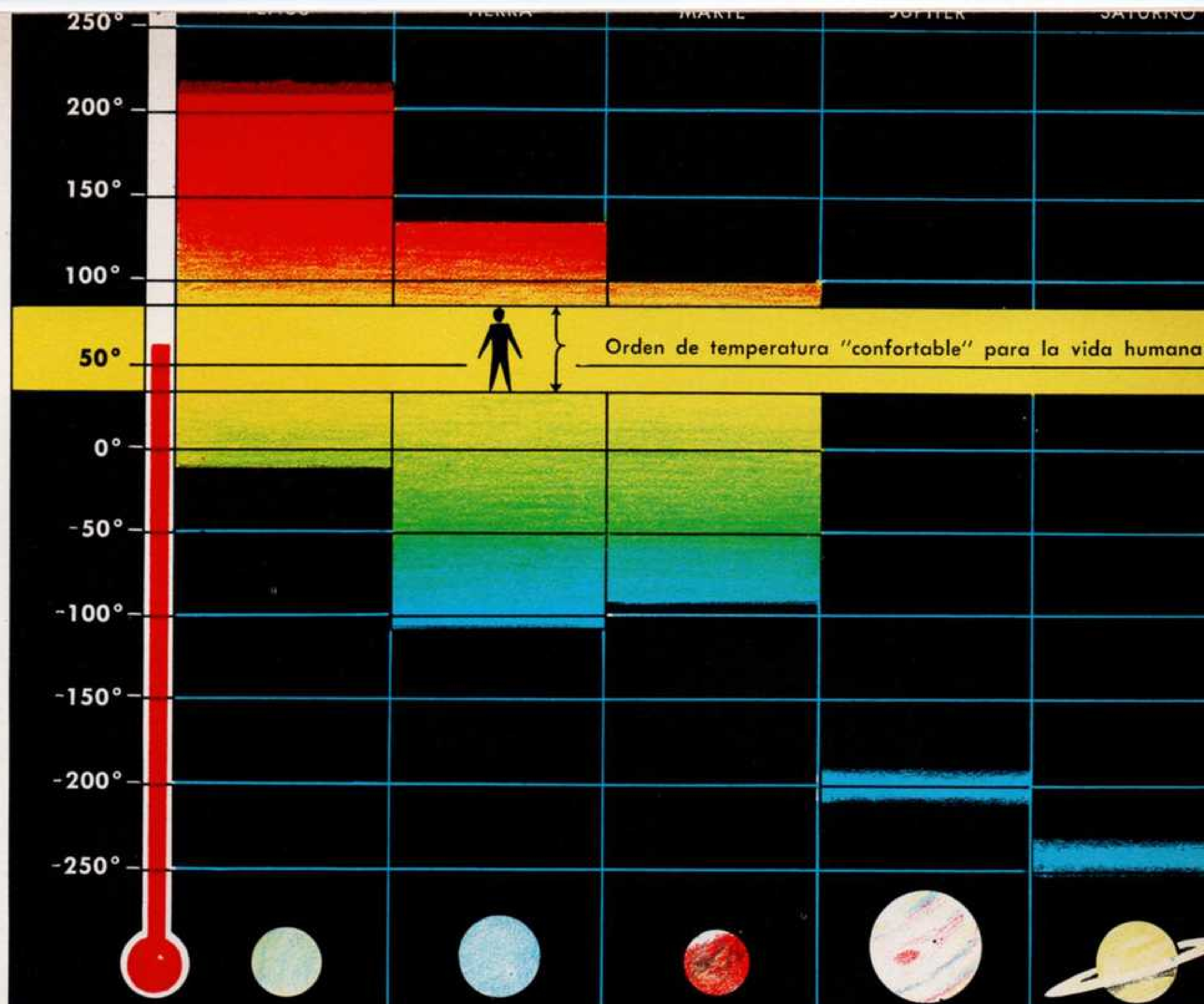
calor. Por esta razón, un ser humano suspendido cerca del extremo de la atmósfera, se helaría del lado de su sombra, pero se asaría del lado iluminado por el sol al recibir rayos ultravioleta, rayos X, y otras radiaciones solares. La atmósfera terrestre filtra la mayoría de estas peligrosas radiaciones, y de esta manera nos proteje de la exposición directa a nuestro horno solar. Más adelante tendremos que decir algo más sobre la transmisión del calor cuando hablemos sobre los vuelos espaciales.

Como hemos dicho anteriormente, el hombre es una débil creatura de la tierra. Su vida depende de la manta protectora de atmósfera que cubre nuestro planeta. A través de los tiempos, nuestros cuerpos se han adaptado a las condiciones impuestas por la naturaleza. Requerimos justamente la cantidad exacta de oxígeno para respirar. Necesitamos justamente la cantidad exacta de presión atmosférica. Y podemos sobrevivir sólo si la temperatura no excede de un escaso margen. Casi toda la gente del mundo vive en la primera milla sobre el nivel del mar, hasta 5.280 pies. Aquí las condiciones de supervivencia y confort son más favorables. Los indios peruanos son excepciones. Por cientos de años sus cuerpos se han adaptado a la baja presión atmosférica y al frío que se encuentra a tres millas y media sobre el nivel del mar. Pero a la mayoría de la gente le sería imposible vivir confortablemente a esa altura; muchos, en efecto, morirían. El padre Cobo, que visitó a los indios andinos a mediados del siglo diecisiete, describió su habilidad para resistir el frío en estas palabras:



En un caluroso día de verano el rápido bombardeo de las muchas partículas de aire contra nuestra piel nos hace sentir calor. Pero en el enrarecido aire a gran altura hay demasiado pocas partículas para producir calor en la misma forma.

Escala de temperatura en cinco de los planetas



"Los indios son de sangre roja a un grado extremo, de donde deriva su calor excesivo, tal como se desprende del hecho que, si en tiempos de grandes fríos y hielo, uno toca su mano, siempre encontrará calor en ella, sorprendentemente; y también se ve en las pocas ropas que usan, justo lo necesario para cubrir sus cuerpos. Cuando están de viaje, duermen, aunque sea en altiplanicies muy altas y muy frías, donde la noche les sorprenda bajo el cielo abierto; y si le caen encima nueve pulgadas de nieve, continúan durmiendo tan pacíficamente como si estuvieran en suaves y plumosas camas."

A través de los tiempos los hombres y animales han sido forzados a adaptarse a las nuevas condiciones impuestas por la naturaleza. Pero muchos no pudieron hacerlo y perecieron. Los cientos de especies extinguidas de aves, animales y peces, son prueba suficiente. Y nunca sabremos cuántos seres humanos murieron porque no fueron capaces de vestirse y alimentarse adecuadamente durante las eras glaciales, cuando los glaciares bajaban desde el norte cubriendo Europa Central.

Para saber que también ciertos animales pueden adaptarse a la baja presión atmosférica, biólogos de la vieja School of Aviation Medicine, en Randolph Air Force Base, llevaron a cabo un experimento con cinco perros. Por dos años los perros vivieron en una cámara de altura. Bombardeando algo del aire fuera de la cámara, los científicos bajaron la presión del aire a la encontrada a 20.000 pies sobre el nivel del mar. Cada día, los perros eran sacados fuera para ejercicio y la cámara era limpiada y aprovisio-

nada con alimento. Los perros se adaptaron extremadamente bien a la elevada altitud. Sus corazones se agrandaron, aumentó su caudal sanguíneo, y cambió su ritmo respiratorio, todo para reparar la reducida presión atmosférica, que a 20.000 pies es menos de la mitad de la que se encuentra a nivel del mar.

¿Podrían los hombres adaptarse a esta altura o aún a mayores? se preguntará usted. Con el tiempo podrían hacerlo muy probablemente; pero la producción de "superhombres" de esta variedad exigiría muchas, muchas generaciones. La era del espacio no esperará que las generaciones produzcan superhombres. ¿Y por qué tendría que hacerlo? Conocemos la mayoría de las condiciones que se encuentran en la atmósfera más elevada y en el espacio. Es mucho más fácil, y ciertamente mucho más rápido, construir aeronaves que provean al hombre ligado a la tierra del ambiente que la naturaleza le proporcionó. Con cabinas a presión, máscaras de oxígeno, trajes a presión y cabinas herméticas, los científicos pueden mantener a los hombres vivos en el espacio, rodeándolos de la mezcla de aire, presión y temperatura que deben tener para sobrevivir. De cómo este equipo trabaja, y de qué forma hace al hombre parte de un complejo sistema mecánico, nos ocuparemos en el próximo capítulo. Antes de hacerlo, sin embargo, tendríamos que completar nuestro retrato del hombre como débil y lenta creatura terrestre.

Ahora usted ve . . .

Un piloto de bombardeo jet —llamémosle George— volaba en su B-47 a través de un brillante y límpido cielo, a 30.000 pies. Era justamente una hora antes del mediodía. Libró su avión a un viraje lento y se horrorizó al encontrarse en la misma ruta que una formación de otros tres bombarderos jet a alrededor de una milla de distancia. Las velocidades combinadas de su avión y de los otros eran tan grandes que no podría maniobrar fuera de ruta. Simplemente no había tiempo. En el próximo instante, el cielo delante de él fue un borrón, luego se aclaró otra vez. Los tres bombarderos eran ahora tres puntos en el lejano horizonte detrás de él.

Sin ninguna dirección de parte de George, su avión se había escurrido a través de la formación. Por solo unas pocas yardas evitó golpear al primer bombardero, casi rozar por debajo al segundo, tocando ligeramente el tercero, en la sección de cola.

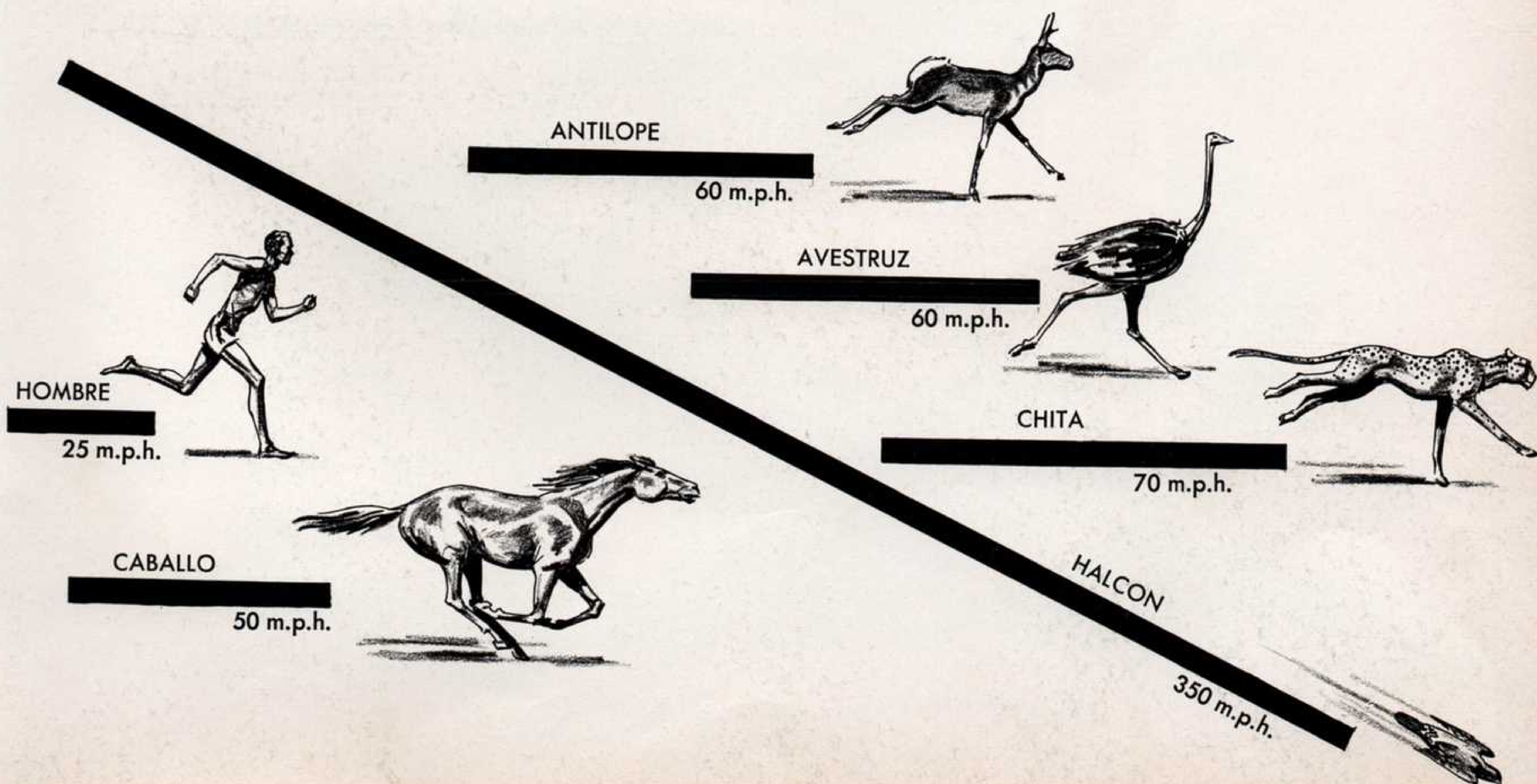
Temblando con el susto de la afeitada más al ras de su vida, George se dirigió a la base e informó lo sucedido. Una hora después aterrizó la formación de bombarderos que evitó escasamente.

George recibió el segundo susto. No eran tres, sino *seis* bombarderos en formación. Y por increíble que parezca, ni un solo miembro de la tripulación de la formación entera había visto al avión de George pasar entre ellos a la velocidad del rayo. Este incidente que realmente pasó, muestra al hombre llevado al otro extremo en su alcance del espacio. No solo es su débil cuerpo, sin protección, incapaz de soportar los rigores de la elevada altitud, pero tampoco está equipado para protejerle de los rigores de la velocidad.

En relación con los veloces aviones jet y cohete que pilotea en nuestros días, el hombre en la tierra se mueve a paso de caracol. En el reino animal, el caballo, el antílope y el chita son mucho más veloces que el hombre. En 1948, Herb McKenley, de Jamaica, Indias Británicas Occidentales, estableció un record mundial para la carrera de las 440 yardas —cuarenta y seis segundos justos. El chita, el animal más veloz que existe, puede cubrir la misma distancia en unos trece segundos. Para sobrevivir en este planeta, el hombre no ha tenido necesidad de ser una creatura veloz. Aun cuando cazaba en la antigua Edad de Piedra, su habilidad para razonar era los suficientemente buena como para sacar ventaja a los animales más veloces y poderosos. Esta es una de las razones por las cuales la velocidad jamás ha sido de fundamental importancia para el hombre. Toda su vida se ha movido lentamente, sustituyendo con inteligencia y habilidad manual la velocidad que jamás adquirió.

Porque el hombre no es una creatura de velocidad, la naturaleza no lo equipó para competir con las velocidades producidas por la era automotriz, y actualmente por la era del jet y del cohete.

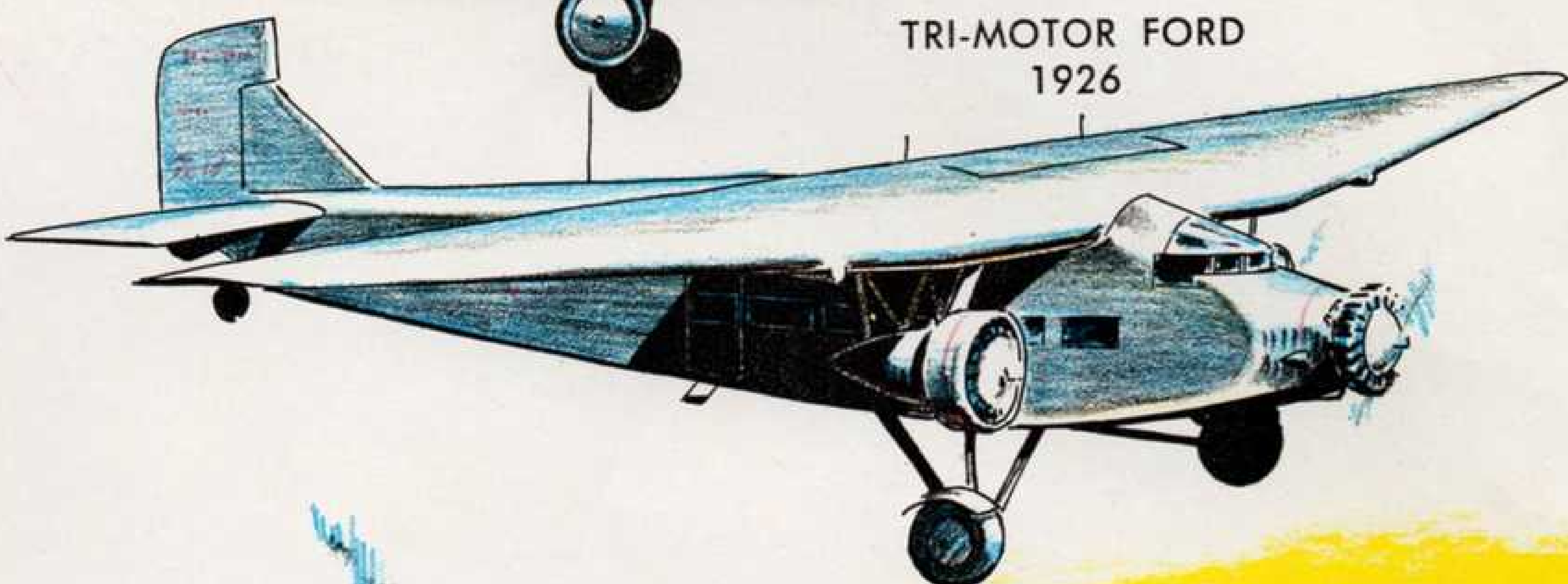
El hombre jamás ha sido una creatura veloz. Su supervivencia ha dependido de la inteligencia, no de la fuerza física.



Una selección de aviones primera Guerra Mundial

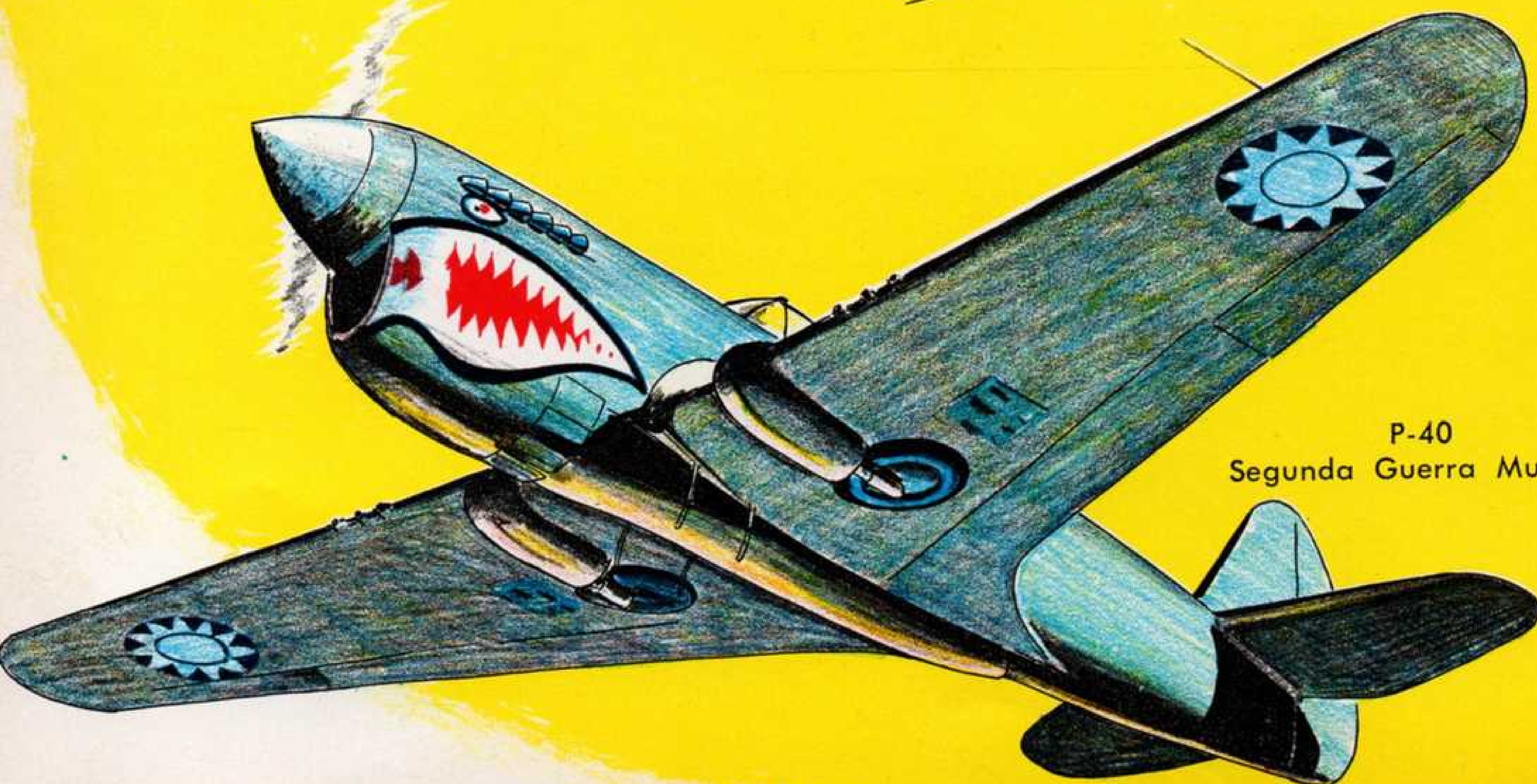

ESTRENADOR NAVAI.
1920


ESPIRITU
DE ST LUIS
1927


TRI-MOTOR FORD
1926

P-38
Segunda Guerra Mundial

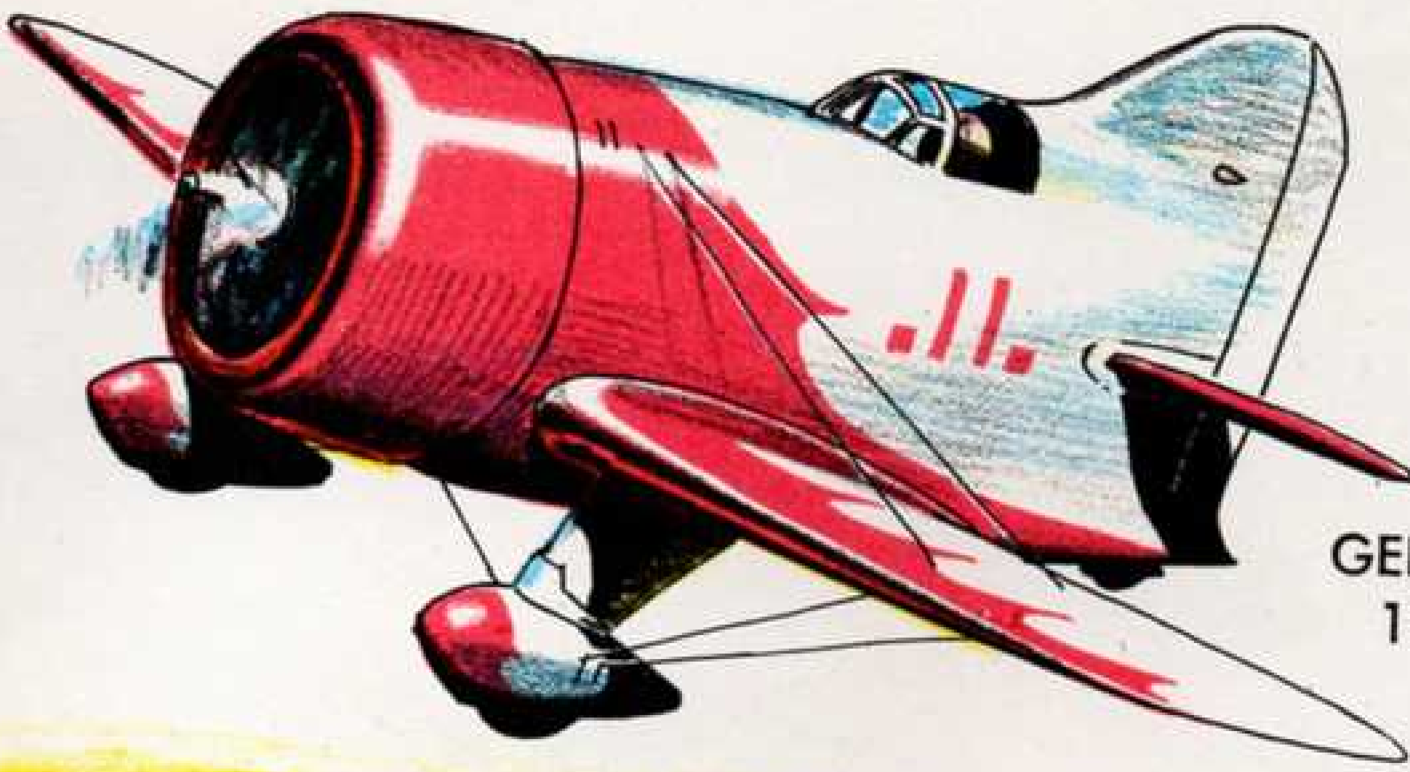

P-39
Segunda Guerra Mundial


P-40
Segunda Guerra Mundial

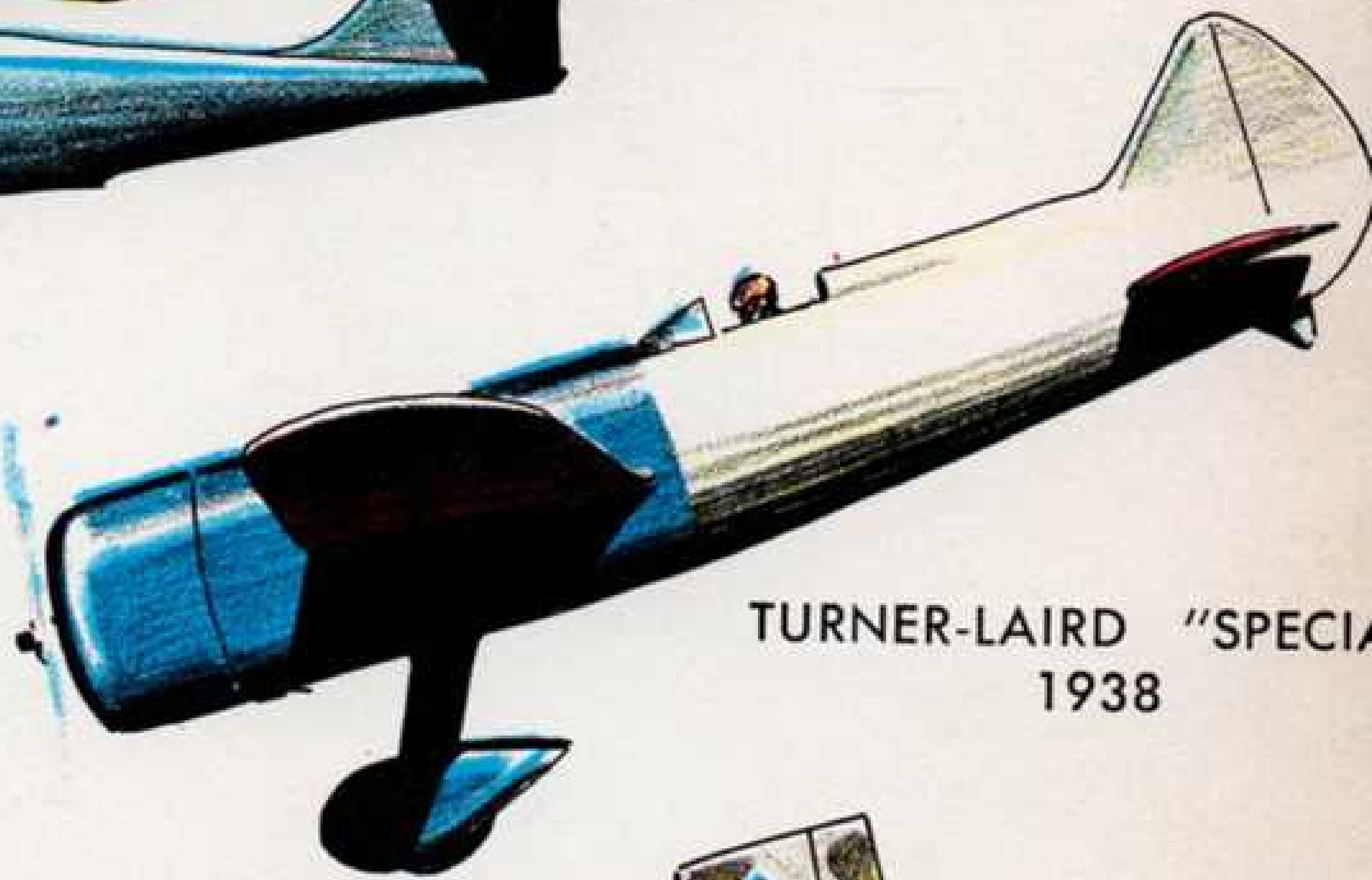
desde el final de la
y durante la segunda



CLIPPER
1935



GEE BEE
1932



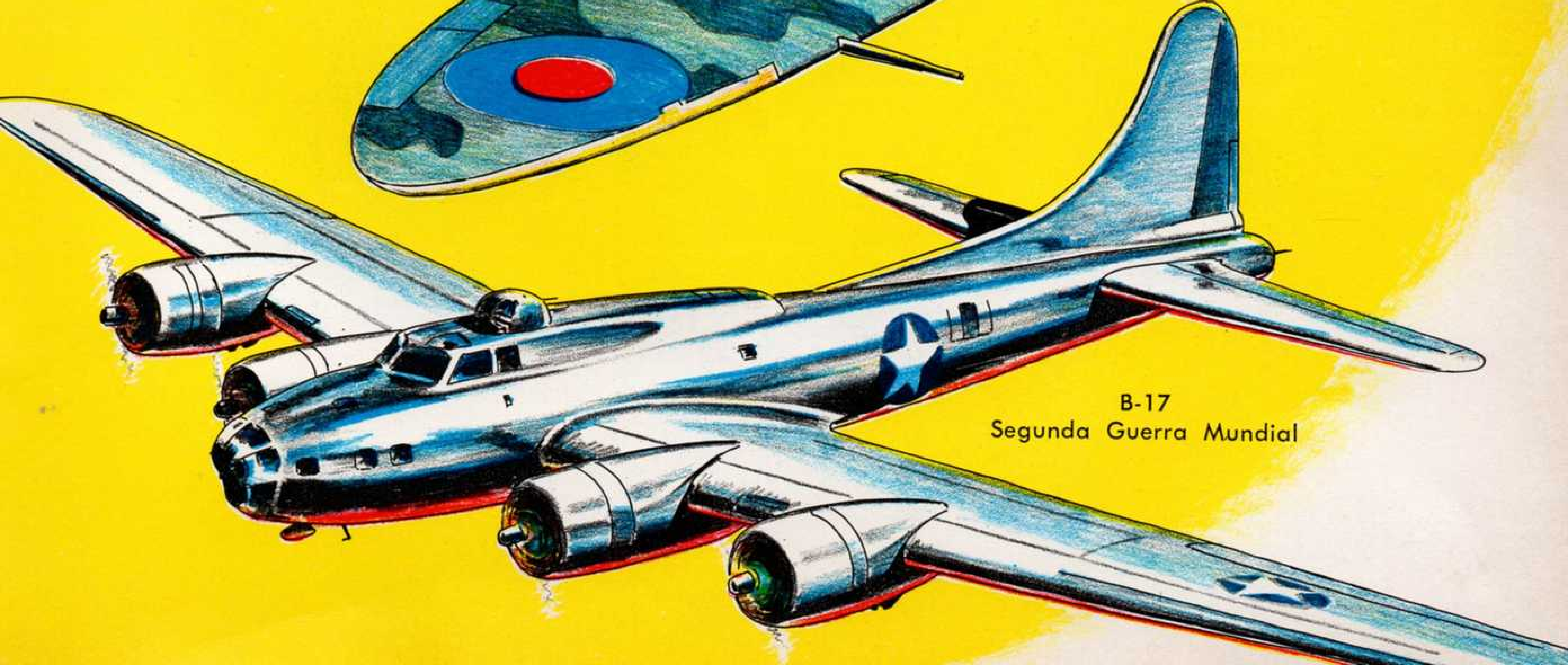
TURNER-LAIRD "SPECIA
1938



STUKA
Segunda Guerra Mundial



SPITFIRE
Segunda Guerra Mundial



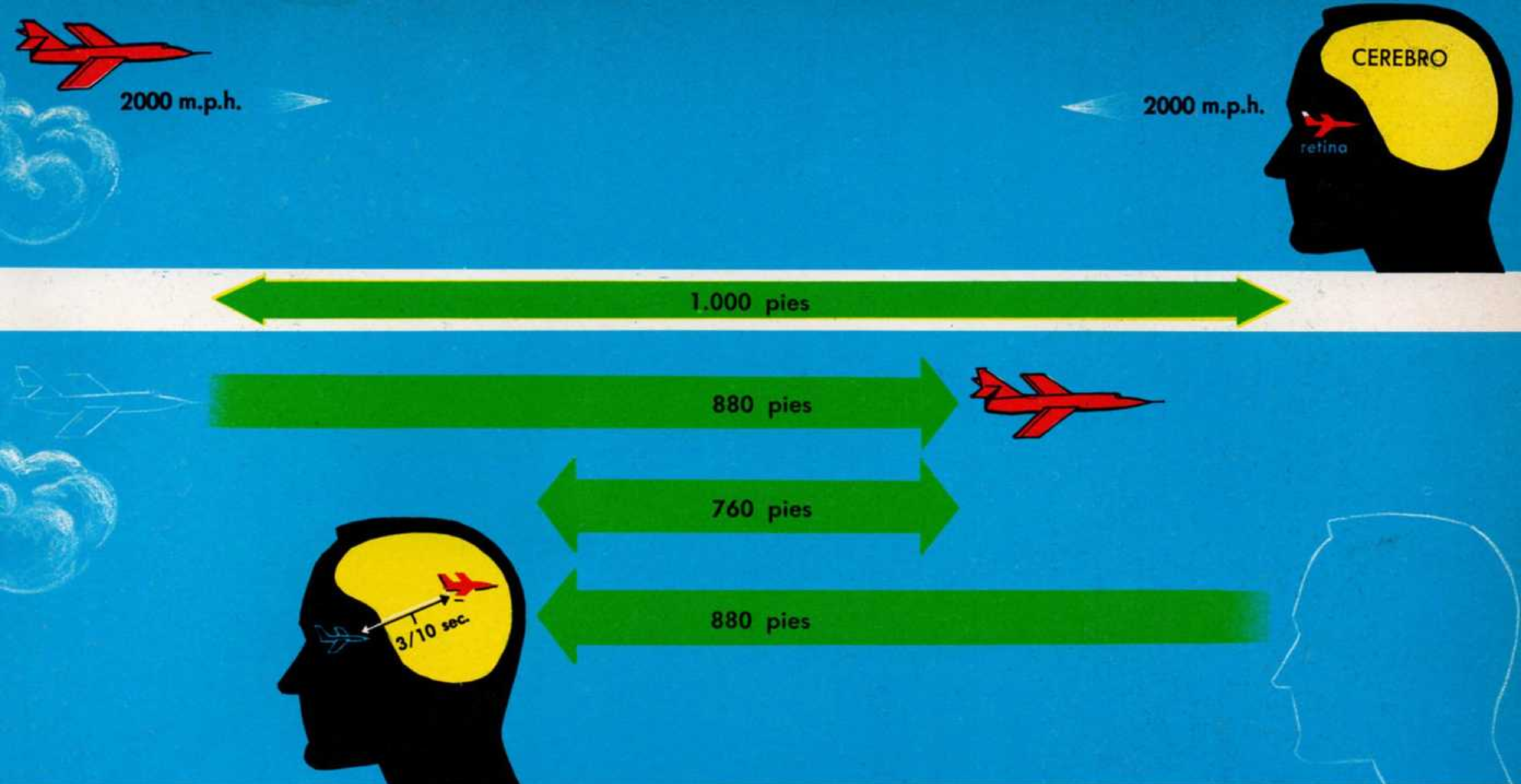
B-17
Segunda Guerra Mundial

Al igual que el piloto que voló a través de la formación de los B-47, el *tiempo de reacción* de todos nosotros es demasiado lento para protejernos de los ocultos peligros de la alta velocidad. George simplemente no pudo ver los otros bombarderos y tomar una decisión para maniobrar fuera de la ruta con la suficiente velocidad. Por "tiempo de reacción" el médico espacial entiende la cantidad de tiempo que toma el retirar su dedo luego de habérselo golpeado con un martillo, o el que le toma a un conductor presionar el pedal del freno de su coche o salir del camino cuando otro coche sale de una ruta oscura.

Cada día, en el fútbol, en el baseball, o al cruzar una calle con mucho tráfico, la mayoría de nosotros se encuentra en situaciones que requieren una reacción rápida. Automáticamente "sabemos" cuándo hay que golpear la pelota arrojada, o acelerar nuestros pasos al introducirnos en una puerta que gira rápidamente. Pero muy pocos nos damos cuenta del complejo proceso que nos permite reaccionar. Consideremos por un momento al conductor de un automóvil que ve algo por el rabillo del ojo. Puede ser un pedazo de papel llevado por el viento, o puede ser un niño en busca de una pelota en la calle. Antes de actuar, el sujeto debe identificar correctamente el objeto. Para hacer ésto debe dirigir sus ojos al objeto. Esto toma una fracción de segundo, en la cual el coche se ha acercado al objeto. La imagen impresa en la retina del ojo manda un mensaje al cerebro, a través del nervio óptico, el que "decide" qué objeto es. Si es un niño, el cerebro debe tomar una decisión para actuar —apretar los frenos o salir de la ruta. Otra fracción de segundo ha pasado. El coche se ha movido aún más cerca del niño. Luego, el cerebro debe mandar su decisión a través de brazos y piernas para que las manos y pies actúen. Otra fracción de segundo y el automóvil se está moviendo aún. El escalón final es el término de tiempo que requiere para detener el automóvil. Cuanto mayor la velocidad, mayor el peligro.

Desgraciadamente, nuestro tiempo de reacción no puede ser acelerado a voluntad. El hecho de que una situación demande decisiones y acciones super-rápidas, no significa que podamos acelerar nuestro tiempo de reacción. Todos los mensajes viajan a través de los nervios a una velocidad casi constante de 230 pies por segundo, o 155 millas por hora (esto es mucho más lento que el viaje de un mensaje a través de cables telegráficos). Su tiempo de reacción también depende de su salud y si se encuentra o no cansado. Una persona vivaz puede responder más rápidamente a un estímulo que otra que está fatigada.

En tanto que el incidente del automóvil nos da una definición



En vuelo a alta velocidad el hombre simplemente no puede ver con la suficiente rapidez. En el momento en que la imagen del avión de la izquierda arriba, llega al cerebro del piloto (donde tiene lugar la visión), el avión que se acerca estará a 760 pies detrás del piloto. El piloto ni siquiera tendría tiempo de maniobrar fuera de la ruta (Ver texto en páginas anteriores).

práctica del tiempo de reacción y de la toma de decisión, no describe las extrañas situaciones que nuestros lentos cuerpos pueden causar durante el vuelo a gran velocidad. Supongamos que el piloto de un avión cohete está volando a 2.000 millas por hora. Repentinamente ve otro avión, también viajando a 2.000 millas por hora, en dirección hacia él. El piloto ordinario toma tres décimas de segundo para ver un objeto. Le toma este tiempo a la imagen del objeto para ser reflejada en la retina y enviada al cerebro, donde la "vista" tiene lugar. En esas tres décimas de segundo cada avión ha recorrido 880 pies. En otras palabras, si usted fuera uno de los pilotos, vería el otro avión donde estaba *tres décimas de segundo antes* —no donde está en este momento. De manera que estaría 880 pies más cerca de lo que sus ojos le indicaron que estaba. También su propio avión habrá recorrido 880 pies, cerrando la distancia entre usted y el otro avión por un total de 1.760 pies. Si fuera usted un piloto rápido le tomaría unos dos segundos para tomar la decisión de picar, ascender o virar a fin de evitar una colisión. ¡En esos dos segundos su avión y el otro han estrechado la distancia en 11,732 pies o 2,2 millas! No hay necesidad de avanzar. No podría ver al otro avión de combate en dirección opuesta a *más* de dos millas de distancia. Y en el momento en que realmente lo ve, no tendría tiempo para evitar una colisión. Dentro de los dos segundos requeridos para una decisión, se habrían encontrado. George fue afortunado.

Si usted volara a 2.000 millas por hora y otro avión, volando a la misma velocidad, surgiera de una nube a menos de 1.760 pies de distancia, no vería al otro avión —aunque estuviera mirando en la dirección exacta. ¡La colisión tendría lugar antes que la imagen del avión fuera reflejada en la retina y enviada al cerebro! Esta laguna de tiempo al ver objetos se forma en todos nosotros. Aunque esté sentado en su living mirando un gatito que juega en el piso, usted está viviendo en el pasado. Su demora de tiempo en ver las cosas le impide ver lo que el gatito está haciendo *ahora.* Lo que usted ve es lo que el gatito hacía entre un décimo y tres décimos de un segundo atrás.

La vida de piloto sería fácil, si bien no enteramente segura, con que el piloto sólo tuviera que vigilar el cielo en busca de otra aeronave. Pero tiene cerca de cien diales, interruptores y luces de prevención que tiene que vigilar durante el vuelo. Esto, por supuesto, significa que no puede dar toda su atención a escudriñar el cielo a su alrededor. Constantemente sus ojos se mueven de instrumento a instrumento, comprobando dirección, altitud, combustible, diales de radio, y otros controles. De manera que aunque su tiempo de reacción pudiera activarse, no se le podría asegurar un vuelo más seguro. Sus ojos aún tendrían muchos trabajos que realizar.

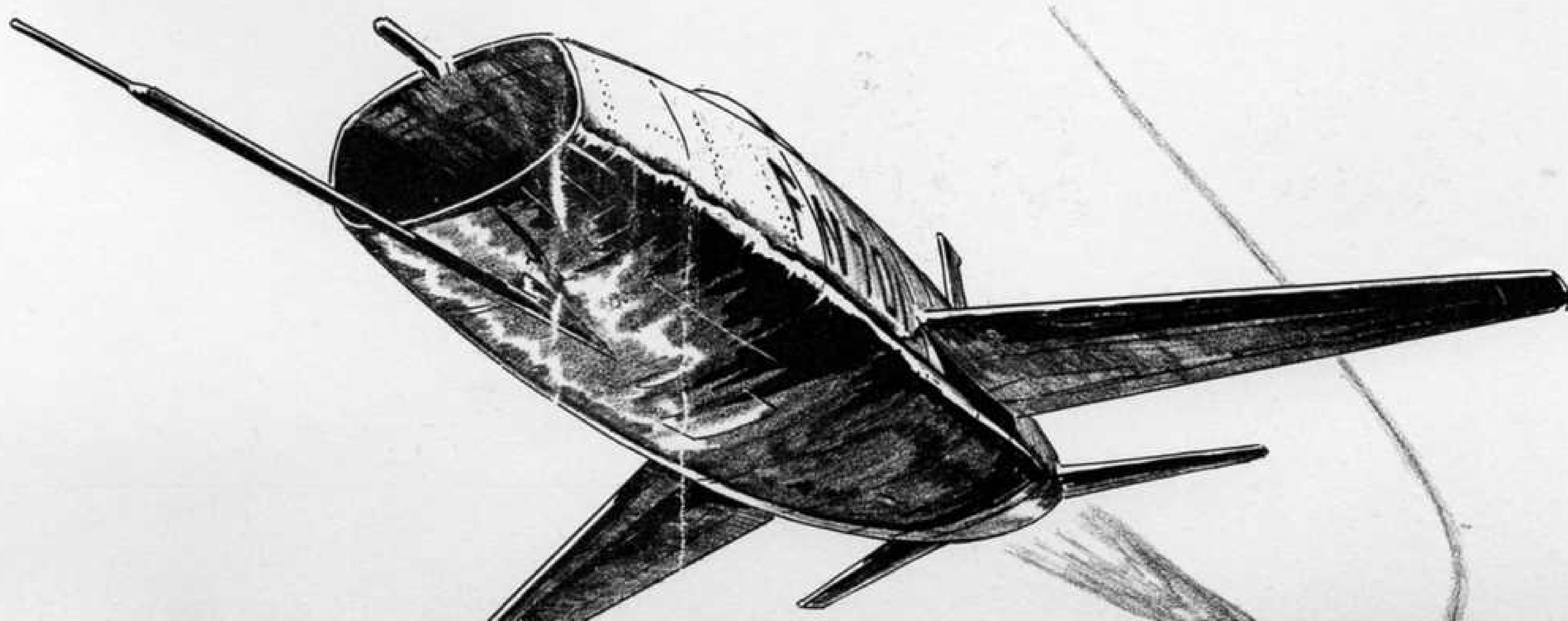
Si los pilotos de nuestros días estuvieran limitados a los instrumentos que usaban los aviones de combate de la Segunda Guerra Mundial, estarían en lamentable estado. Por ejemplo, si un piloto de combate, llevando su avión supersónico a tanta velocidad como sea capaz de dar, tuviera que tirar a un objetivo abajo, se estrellaría contra él antes de verle siquiera. Porque las cosas pasan tan rápido a alta velocidad, los ingenieros han tenido que diseñar nuevos instrumentos para los aviones jet y cohete de nuestros días con el objeto de alertar al piloto de los peligros que sus lentos sentidos no pueden captar. Sentidos electrónicos tales como el radar "ven" otro avión mucho antes que los ojos del piloto puedan verlo. Viajando a la velocidad de la luz, un rayo de radar inspecciona el cielo más adelante, detecta una aeronave no vista, y vuelve al piloto "ciego", diciéndole: "Peligro, peligro —se dirige directamente a un objeto que sus ojos no pueden ver todavía." Otros sentidos electrónicos toman la función de tirar una descarga al enemigo Automáticamente ponen el avión en la precisa ruta de vuelo y se disparan mortales cohetes en el instante adecuado, con mucha más eficiencia que la que podría desempeñar la mente más despierta y los dedos más sensibles.

En la atmósfera más baja en que se realiza la mayoría de los vuelos, otro avión aparece como un objeto oscuro contra un

cielo claro. A alturas muy grandes, el cuadro cambia. El piloto se encuentra repentinamente en nuevo mundo visual. El cielo es de un profundo azul con un sol intensamente brillante. Dentro de la cabina de pilotaje, los instrumentos relucen en una profunda y oscura sombra. En este cielo alto, completamente libre de nieblas, un avión que se aproxima aparece como un punto brillante contra el cielo oscuro. Este nuevo mundo visual puede confundir fácilmente la apreciación de la distancia por parte del piloto. Es como estar en el desierto en la noche viendo una luz que se aproxima. La luz puede estar a 50 pies de distancia, o a 500 pies, o a 5.000. No puede estar seguro de la distancia.

Este es, pues, el ambiente del piloto de nuestros días: lo hemos elevado —esta débil creatura de la tierra— fuera de su ambiente natural, a nivel del mar. Para mantenerlo con vida, la ciencia ha tenido que encontrar formas que le permitan sentirse cómodamente en el aire —proveyéndolo de un traje o cabina a presión, oxígeno para respirar, unidades calefactoras y refrigeradoras para mantenerlo confortable, y de la cabina del pilotaje, lugar de vida lo suficientemente grande para el confort, pero no tan grande que obstaculice el desempeño del avión. Además, los ingenieros han tenido que diseñar instrumentos electrónicos a fin de extender los sentidos de los pilotos. Ojos electrónicos para permitirle ver lo que sus propios ojos no pueden ver con suficiente rapidez a alta velocidad, y oídos electrónicos que le permitan escuchar sonidos que sus propios oídos no pueden oír al viajar a mayor velocidad que el sonido.

Pero aun hay otras extrañas condiciones que la llegada del hombre al espacio impone al piloto. ¿Cuánto tiempo puede trabajar un hombre en una pequeña cabina de pilotaje antes de que comience a oír "vocecillas" o ver "hombrecitos que no se encuentran allí"? ¿En qué forma demasiado ruido o poco ruido afecta su trabajo? ¿Qué es "demasiado" ruido? ¿Cuántas fuerzas *g* puede soportar un piloto antes de perder el sentido o morir? Para responder a estas preguntas y a muchas otras, visitaremos algunos de los principales centros de investigación de la Fuerza Aérea. Aquí, los científicos investigan qué fuerte y qué débil es el cuerpo humano, cómo puede desempeñarse la mente con demasiada información o con muy poca, y qué clase de hombres son seleccionados para volar en los aviones jet y cohetes de nuestros días.





Las "cámaras de tortura"

Desde la Segunda Guerra Mundial, los científicos en medicina aérea han estado sacudiendo, golpeando y haciendo girar sujetos de pruebas humanos en "cámaras de tortura" modernas. Han calentado sus conejillos de India humanos en enormes hornos, castigándoles con fuerte ruidos, y probando su habilidad para trabajar sin dormir. El objeto de esos experimentos consiste en averiguar qué esfuerzo pueden soportar el cuerpo y la mente

En cuartos silenciosos conocidos como "cámaras de silencio", cuñas de Fiberglass hacen morir todo sonido. Un hombre puede escuchar el latir de su propio corazón y luego de un tiempo puede dudar de su propia existencia.

humanos. Con estos conocimientos, los científicos de la Fuerza Aérea dan mayor seguridad a la vida del piloto. Una vez que saben hasta dónde puede llevarse a un hombre física y mentalmente, pueden diseñar aeroplanos que no "excluyan" al piloto. Estamos viviendo en una era en la que los ingenieros mecánicos saben más sobre el desempeño de sus máquinas que los ingenieros humanos acerca de la actuación de sus pilotos.

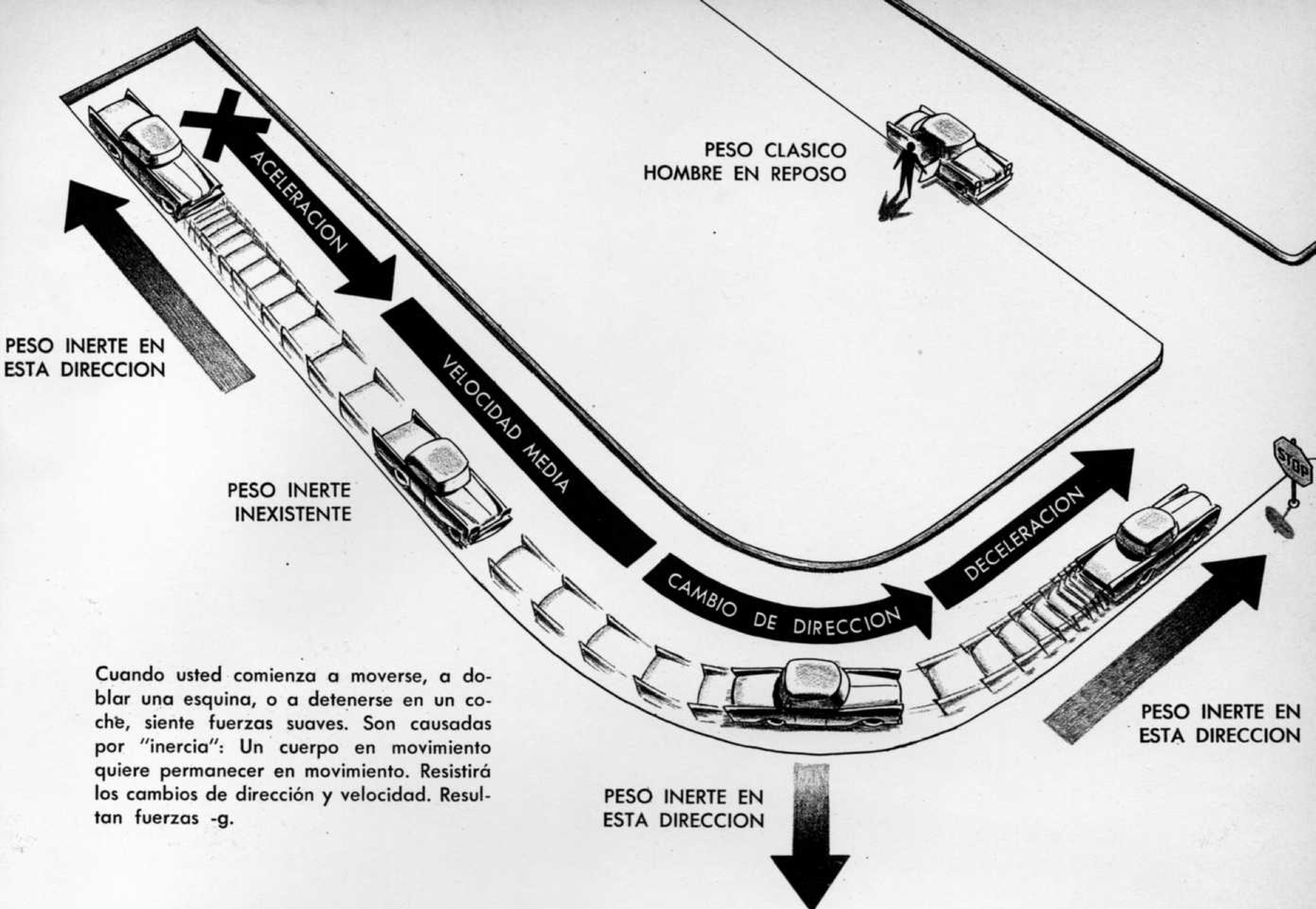
¿Cuántas fuerzas g?

Las científicos están particularmente interesados en una especie de castigo, y se convierte en algo cada vez más serio al avanzar el hombre a mayor velocidad a través del cielo y penetrar en las profundidades del espacio. Se denomina fuerza *g* (de gravedad).

Para comprender lo que son las fuerzas *g* y en qué forma nos afectan, habría que comprender el significado del inocente sonido de la palabra *peso*. Supongamos por un momento que está usted sentado en una enorme puerta o—trampa, debajo de la cual hay un amplio túnel que pasa directamente por el centro de la tierra. Si alguno abriera repentinamente esa puerta, usted se hundiría a través del túnel y eventualmente se detendría suspendido en el centro de la tierra. Desde este punto sólo habría una dirección, hacia *arriba* —no importa la dirección en que usted tratase de subir a la superficie.

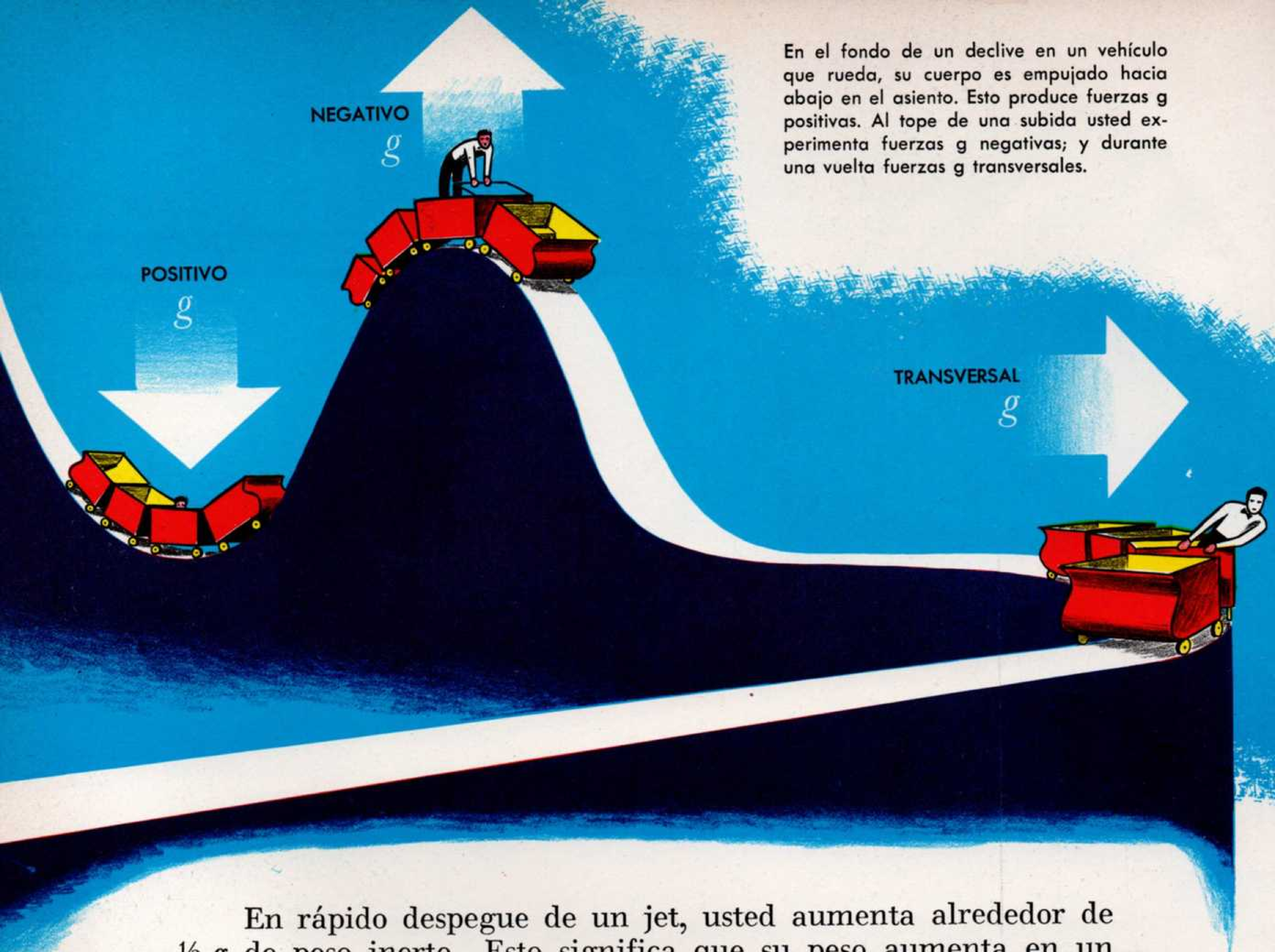
Cada instante, ya esté usted sentado en su living o caminando, su cuerpo trata de caer hacia el centro de la tierra, pero una gran plataforma se lo impide, la superficie terrestre. El empuje de su cuerpo contra esa plataforma es su peso. Su peso normal, cuando su cuerpo está en descanso, es de 1 *g* (una gravedad). Hasta aquí hemos hablado del peso "clásico" —la fuerza con la que un objeto trata de caer hacia el centro de la tierra. El cuadro del peso cambia con los objetos en movimiento. En suma, cada vez que usted salta, despega en un aeroplano, o se detiene súbitamente en un coche, su peso cambia. De manera que a veces su peso es superior al normal, otras inferior.

El misterioso alterador de peso que lleva usted consigo se llama *inercia*. Inercia es la propiedad de la materia que resiste al movimiento o a cualquier cambio en el movimiento. Sujeto al asiento de un avión, esperando el despegue, su cuerpo no experimenta inercia. No hay movimiento al cual resistir. Pero tan pronto como el piloto abre las válvulas y el avión ruge por las pistas aumentando la velocidad cada segundo, la inercia se hace sentir. Siente que el respaldo del asiento le empuja hacia ade-



Cuando usted comienza a moverse, a doblar una esquina, o a detenerse en un coche, siente fuerzas suaves. Son causadas por "inercia": Un cuerpo en movimiento quiere permanecer en movimiento. Resistirá los cambios de dirección y velocidad. Resultan fuerzas -g.

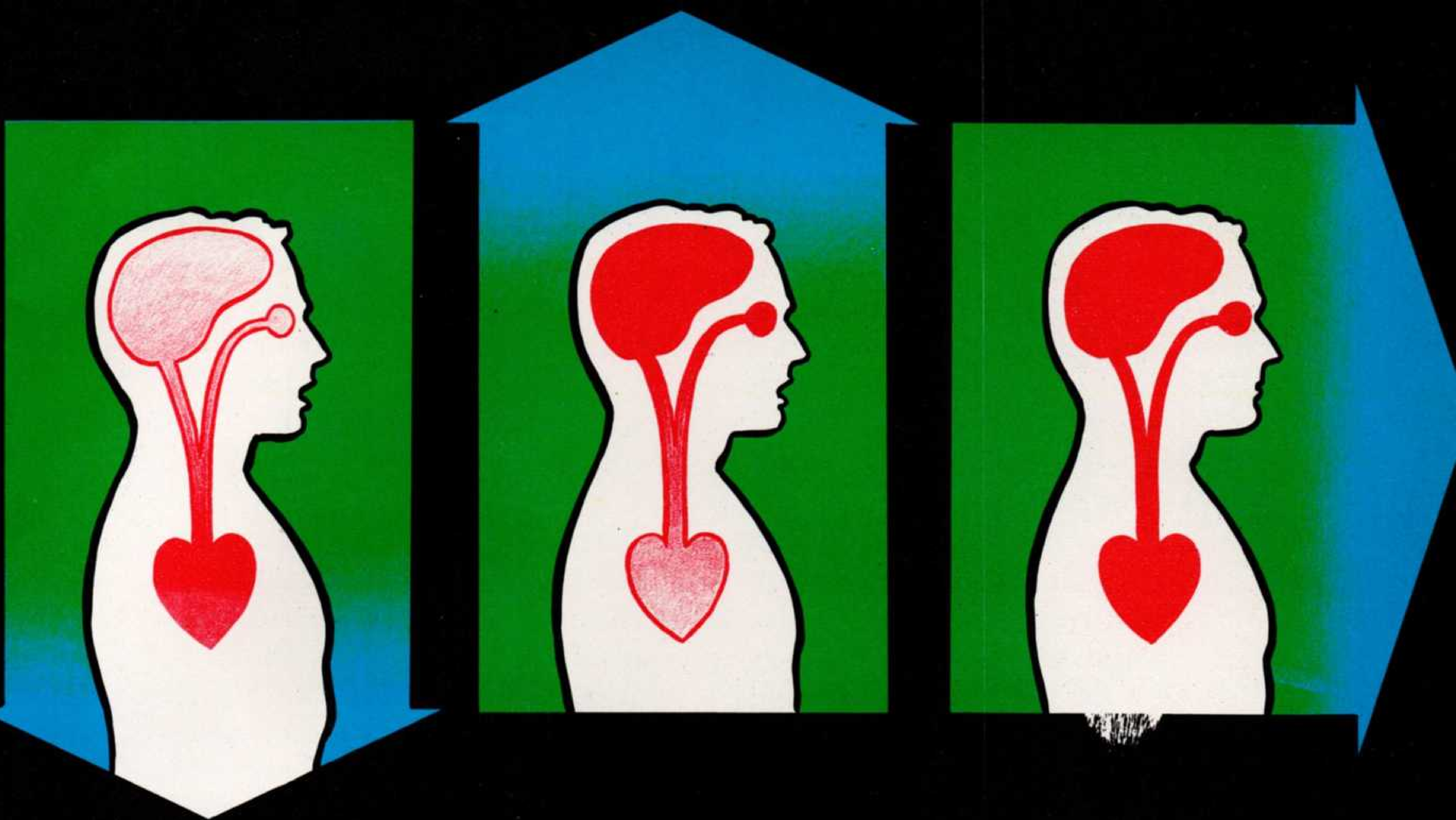
lante. Se tiene la misma impresión en un cohete que escapa de una luz roja. De manera que cuando su cuerpo se pone en movimiento desde un estado de reposo, se le da peso inicial; y conserva este peso tanto como dure el período de aumento de velocidad o *aceleración*. Por ejemplo: cuando la aguja del velocímetro de su coche pasa de cero a sesenta, experimenta usted un peso inerte. Pero tan pronto como se llega a una velocidad promedio, con la aguja firme en sesenta, y sigue una línea recta, pierde su peso inerte. Aun en un avión cohete viajando en línea recta, a 2.000 millas por hora, el cuerpo del piloto carece de peso inerte. Pero tan pronto como acelera, se precipita en una picada, asciende o vira, retoma su peso inerte. Una vez que un objeto viaja en línea recta a velocidad constante, trata de mantener esa misma velocidad y dirección. Resistiría cualquier cambio de movimiento que se le imponga. Al tomar una curva cerrada a gran velocidad en un automóvil, siente que su cuerpo empuja hacia el costado en el asiento. Está resistiendo el cambio de dirección y trata de continuar en línea recta. Igualmente, si el conductor frena súbitamente, usted es lanzado hacia adelante por la frenada. Una vez más, su cuerpo resiste el cambio de velocidad, en este caso llamado *deceleración*.



En el fondo de un declive en un vehículo que rueda, su cuerpo es empujado hacia abajo en el asiento. Esto produce fuerzas g positivas. Al tope de una subida usted experimenta fuerzas g negativas; y durante una vuelta fuerzas g transversales.

En rápido despegue de un jet, usted aumenta alrededor de ½ *g* de peso inerte. Esto significa que su peso aumenta en un cincuenta por ciento. De manera que si su peso normal es de 110 libras, durante el despegue pesará 165 libras. Los pilotos navales cuyos aviones son lanzados desde catapultas aumentan alrededor de 3 *g* durante la aceleración. ¡Así, un hombre de 150 libras, pesará 450 por un segundo o poco más! Cuando un piloto salta de su avión, el shock de apertura de su paracaídas aumenta su peso en unas 12 *g*, o unas 1.800 libras por un instante.

Tan pronto como los hombres comenzaron a volar en aviones rápidos, aprendieron a vivir con las fuerzas *g*. Durante el combate, los pilotos de caza, al efectuar una maniobra por la cual, por medio del *looping*, se ponían a la cola del perseguidor, salían y entraban en picadas casi verticales y virajes abruptos. Estas maniobras producían una variedad de fuerzas *g*, ya pesadas, ya livianas, con una duración que variaba del segundo al medio minuto o más. Casi todo piloto de combate, en una u otra oportunidad, ha perdido el sentido o ha estado muy cerca de ello por salir rápidamente de una picada vertical. Antes de la Segunda Guerra Mundial, los médicos pensaban que de 4 a 6 *g* era todo lo que el piloto podía soportar antes de perder el sentido. El avión



En las g positivas la sangre tiende a fluir fuera del cerebro y los ojos (izquierda). En las g negativas un exceso de sangre es forzado dentro del cerebro y los ojos (medio). En las g transversales las fuerzas g operan a través del cuerpo en vez de hacerlo hacia arriba y abajo. Los pilotos soportan estas fuerzas mejor que las positivas o negativas.

podía soportar la carga, pero ¿podía hacerlo el hombre? Los científicos de nuestros días entienden mejor los efectos de las fuerzas *g*. Con un traje anti-*g*, un piloto moderno puede evitar las *g* en aviones de menor velocidad (pero no en los nuevos jet). Puede salir de una picada tan bruscamente que las alas del avión se curvarán por el aumento de la carga *g* antes de perder él el sentido. Aun así las fuerzas *g* no son como para dejarlas de lado. Pueden disminuir el tiempo de reacción del piloto, su visión, darle la sensación que está realizando saltos mortales a través del espacio y producir otras muchas desagradables sensaciones.

Hay varias clases de fuerzas *g* —positivas, negativas, transversales, y combinaciones de las mismas. Cuando un piloto sale de una picada o hace un viraje normal, toma fuerzas *g* positivas. El término *g* positiva significa que la sangre del cuerpo y de los tejidos corporales es forzada hacia abajo en dirección a los pies. Durante un viraje abrupto hacia adentro, las *g* positivas le empujan contra el asiento del avión. Sus hombros bajan, su cabeza cae, y sus brazos y piernas se sienten tan pesados que tiene dificultad para levantarlos. Luego de unos pocos segundos de tomar 3,5 a 5 *g*, todo comienza a parecer gris. Y de 4 a 5,5 *g* su visión se ennegrece, aunque no pierda el sentido. Pero aumente la fuerza

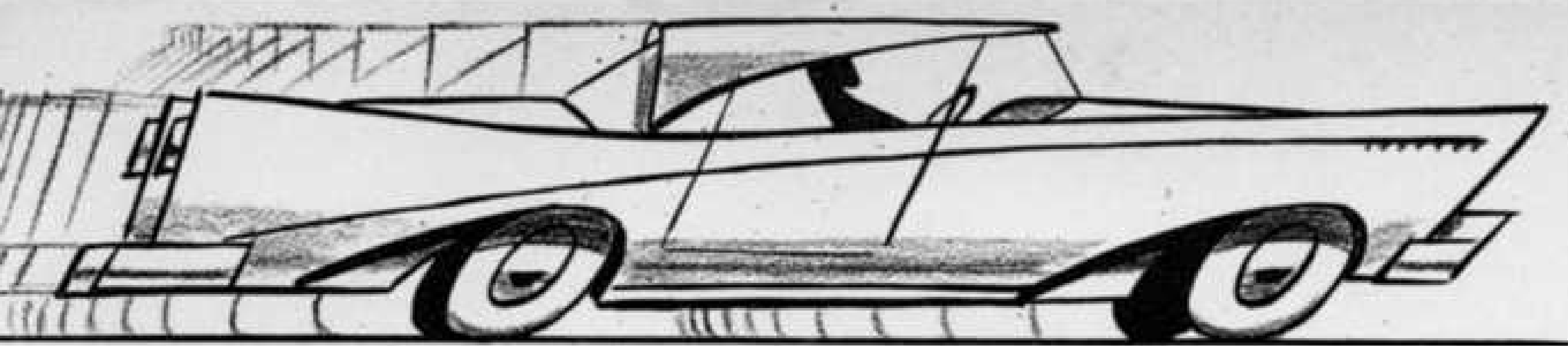
a unas 6 *g* por unos cinco segundos y caerá en la inconsciencia.

Su visión se vuelve gris y luego se ennegrece completamente porque la provisión de oxígeno que lleva la sangre a las retinas, se corta. Sin oxígeno las retinas dejan de trabajar. Las fuerzas *g*, al empujar la sangre hacia los pies, son más poderosas que la habilidad del corazón para bombear sangre a su cabeza. En alrededor de unas 6 *g* por unos cinco segundos, la corriente sanguínea del cerebro también se corta por la misma razón. En ese momento usted perderá el sentido.

No se puede hablar de fuerzas *g* sin relacionarlas con el tiempo. Un piloto puede soportar 10 *g* positivas por tres segundos, o 13 *g* por menos de un segundo, sin perder el sentido. Pero aumente el tiempo un segundo o dos y quedará inconsciente. Es decir, la presión de la sangre, la ansiedad, el temor, o una sensación de relajamiento determinan que una persona reacciona a las fuerzas *g*. Un piloto completamente tranquilo perderá el sentido mucho más pronto que uno que esté ligeramente asustado. La razón: el miedo aumenta ligeramente la presión sanguínea del piloto y, al hacer esto, mantiene al cerebro irrigado con sangre por más tiempo. La ira, el temor, los temblores, el estirar el cuerpo distendiendo los músculos, aumentan la presión sanguínea y de esa forma incrementan la tolerancia a las fuerzas *g* positivas. Una persona asustada o enojada puede tolerar una *g* más que otra tranquila o feliz.

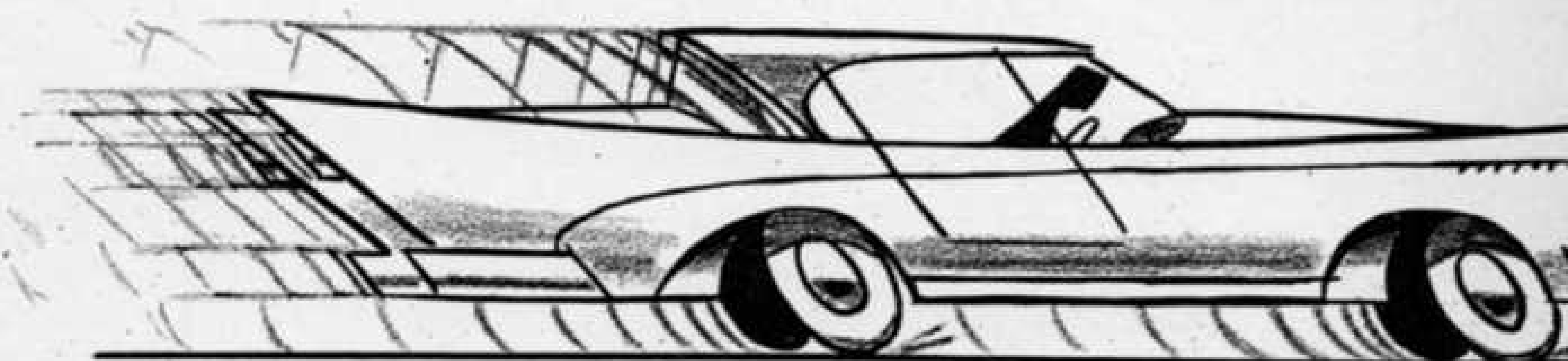
Las fuerzas negativas presentan un problema muy diferente del de las *g* positivas. Si alguien le tomara de los pies y le hiciera dar vueltas y vueltas, la fuerza centrífuga empujaría su sangre hacia la parte superior de su cuerpo y cabeza. Cuando un piloto, volando a velocidad supersónica, comienza a volar en línea recta después de una empinada subida, una excesiva cantidad de sangre es forzada dentro de su cerebro.

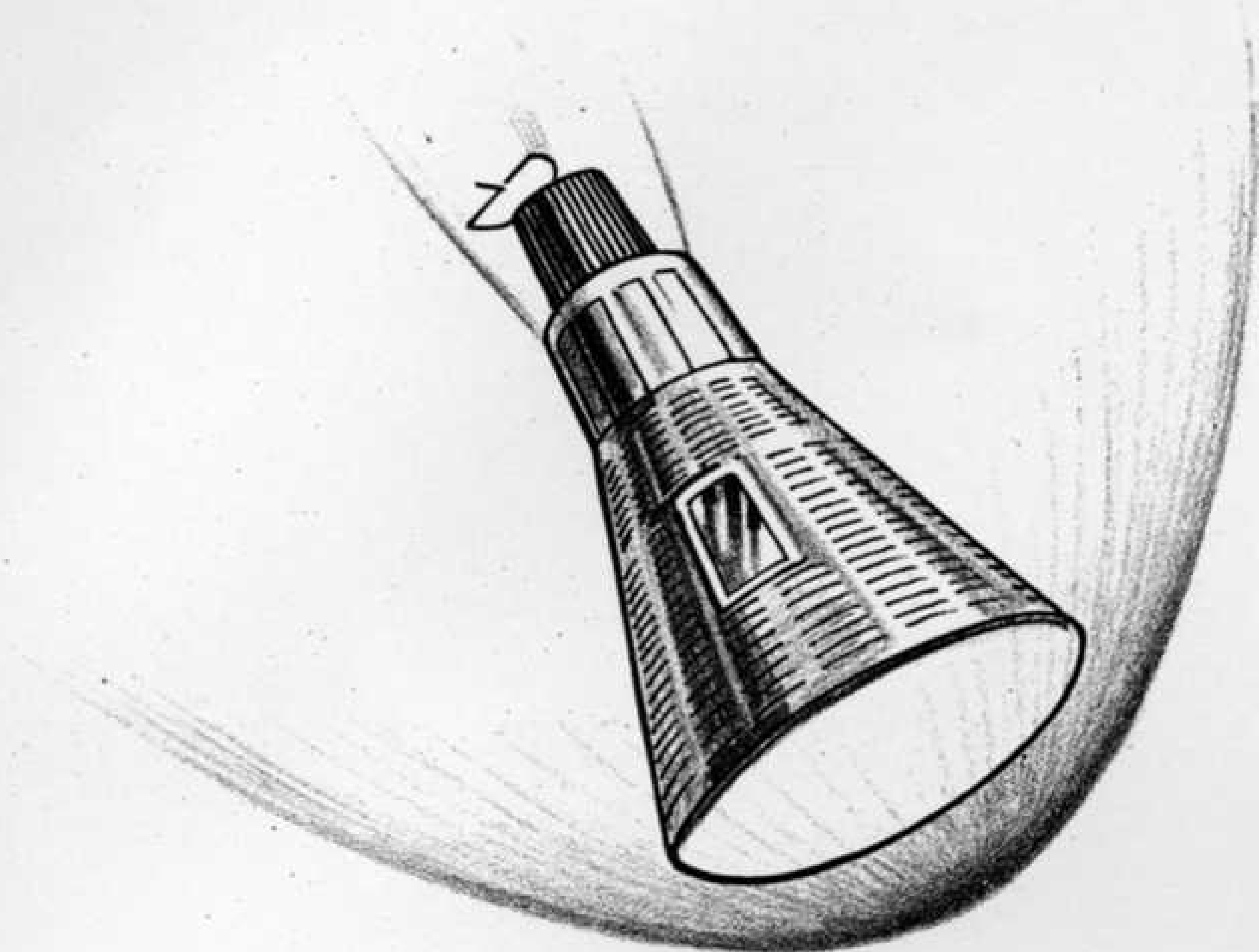
Lo mismo ocurre con un *loop* o un viraje hacia afuera, una cabreada brusca o una picada, o cuando un asiento expulsor es disparado fuera del avión. Los científicos de la Fuerza Aérea no saben todo lo que quisieran sobre las *g* negativas. Los pilotos que las han experimentado dicen que, en vez de ennegrecerse todo, para ellos se "enrojece"todo. Antes que su visión le falle, o queden inconscientes, ellos ven rojo. Los médicos no están seguros todavía de lo que produce esta sensación. Al principio pensaron que ese enrojecimiento era causado cuando la alta presión sanguínea en la cabeza reventaba pequeñas venitas en los ojos. Otros creyeron que durante las maniobras *g* negativas, el párpado inferior se estiraba sobre la pupila del ojo y que ver a través de ese suave brillo es lo que hace que el piloto vea rojo. Este enigma debe ser resuelto todavía.



½ *g* ACELERACION RAPIDA

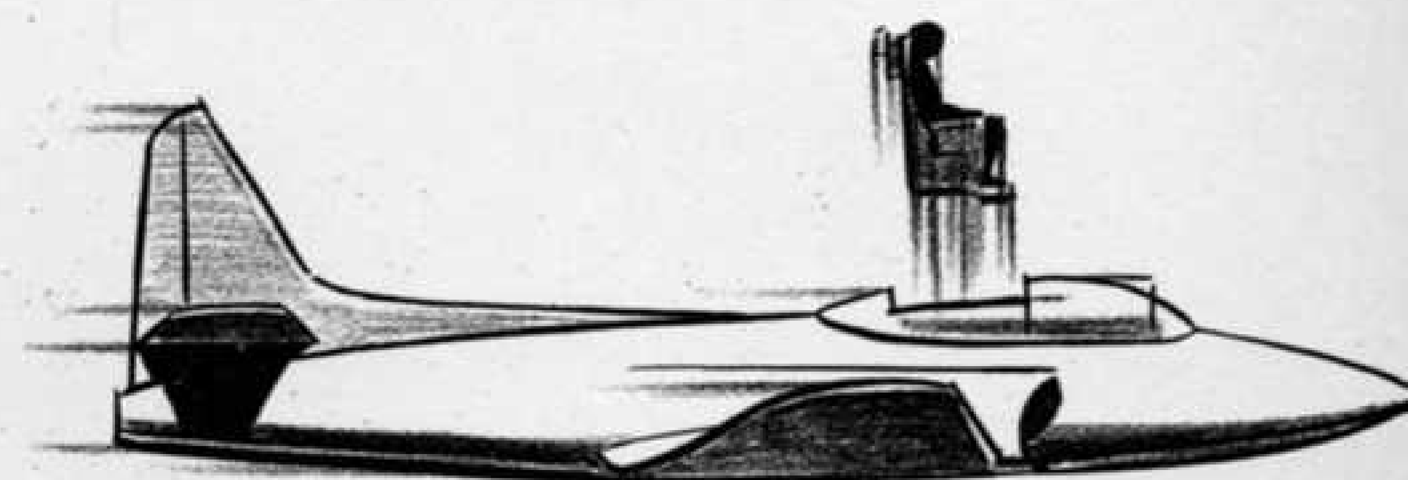
FRENADA BRUSCA ¾ *g*





10 *g*'s VUELTA DEL SATELITE A LA ATMOSFERA

20 *g*'s ASIENTO EXPULSOR



Las ilustraciones muestran una variedad de situaciones y las fuerzas g que producen en el cuerpo del operador humano.

Un piloto puede soportar muchas menos *g* negativas que positivas. Alrededor de 2½ *g* negativas por unos diez minutos reventarán pequeñas venitas en los ojos; 3 *g* negativas harían estas hemorragias extremas; 5 o más *g* negativas pueden producir hemorragias cerebrales y dolores de cabeza durante uno o dos días.

Si los pilotos pudieran pilotear los aviones en posición horizontal, aumentarían enormemente su capacidad para soportar fuerzas *g*. La sangre no sería ya forzada hacia los pies o hacia el cerebro durante un viraje escarpado o una cabreada brusca. Las fuerzas *g* operarían a través del cuerpo en vez de ir de arriba a abajo. Esta fuerza que va de pecho a espalda es la que se llama *g* transversal. Al asumir la posición horizontal el piloto pone su corazón y su cerebro en el mismo nivel. La ventaja de tal posición es evidente: el corazón no debe ya bombear la sangre hacia la cabeza contra gran presión. Simplemente debe bombear la sangre en dirección horizontal. Lamentablemente los aviones de combate no están diseñados para que un piloto los pueda pilotear en posición horizontal y para tener así la ventaja de la *g* transversal. Pero las naves espaciales del proyecto Mercury y del proyecto Géminis así lo están. Cuando la cápsula vuelve a la atmósfera lo hace ladeándose hacia abajo, el extremo grueso primero. Esto,



IZQUIERDA: El girar durante un salto establece fuerzas g negativas y positivas. (Las flechas coloreadas muestran que la sangre es forzada tanto hacia la cabeza como a los pies). Si un piloto gira alrededor de su estómago, perderá el sentido si lo hace a 130 vueltas por minuto.



DERECHA: Si un piloto gira alrededor de su corazón durante un salto, perderá el sentido al final de treinta segundos si gira a sesenta o noventa vueltas por minuto.

automáticamente, pone al astronauta en posición reclinada con su espalda a nivel del protector de calor. Es en esta posición como el piloto y su nave espacial se hunden en la atmósfera. La fricción con el aire resta velocidad gradualmente a la cápsula, imponiendo una fuerza de unas 10 *g* sobre el astronauta.

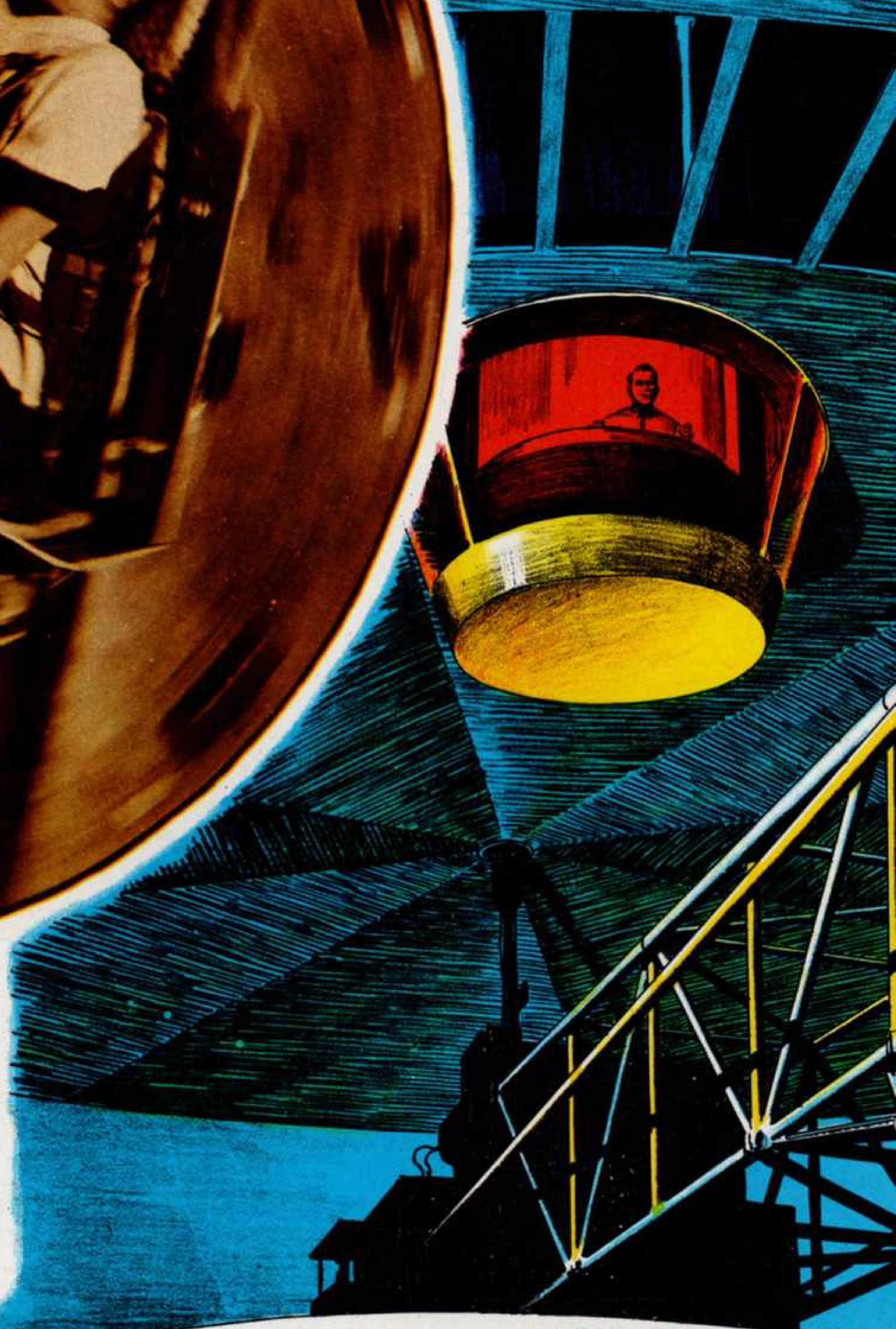
El Dr. Heinz Haber, anteriormente en la School of Aviation Medicine, y otros, han establecido en una tabla las diferentes cargas *g* que una tripulación puede encontrar al alcanzar velocidades cohete interplanetarias.

FUERZAS *g* PRODUCIDAS POR ACELERACIÓN	TIEMPO DE DURACIÓN DE LAS FUERZAS *g*
3 *g*	9 minutos 31 segundos
4 *g*	6 „ 21 „
5 *g*	4 „ 45 „
6 *g*	3 „ 48 „
7 *g*	3 „ 10 „
10 *g*	2 „ 6 „

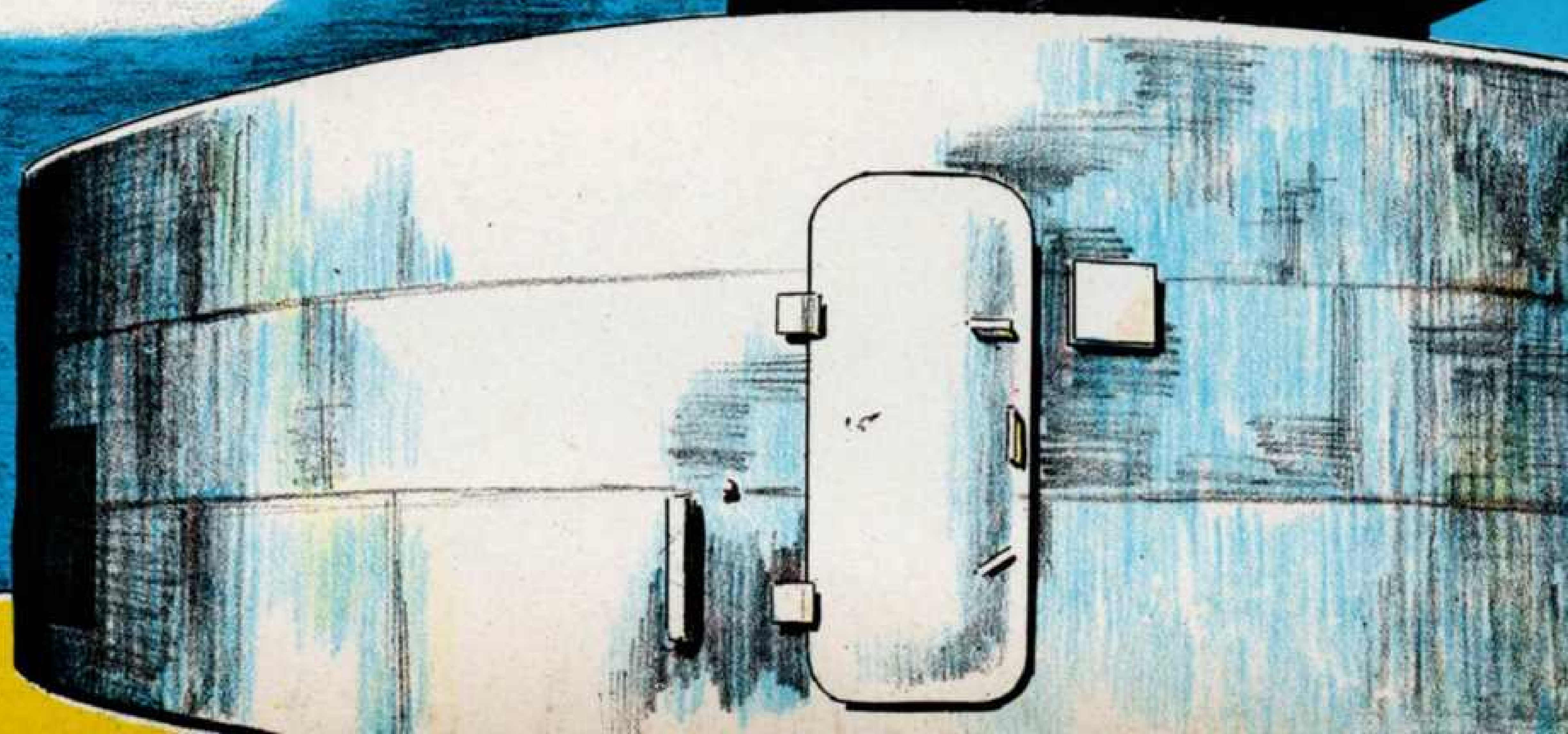
Sujetos de prueba del Laboratorio Aeromédico del W. A. D. C. (Wright Air Development Center) fueron sometidos a las fuerzas *g* en posición transversal los tiempos arriba mencionados. En cada caso su visión permaneció despejada. Estaban mentalmente alerta. Respondieron bien a las luces y sonidos en clave. Podían mover sus manos, muñecas y tobillos y también podían hablar en monosílabos. (Podían decir "sí", "no", y otras palabras cortas.)


Como si las fuerzas *g* positivas, negativas y transversales no fueran suficientes para el piloto, hay todavía más clases de fuerzas *g*. Estas son las *g* mixtas que toman al piloto cuando éste salta de un avión dañado. Antes que su paracaídas se abra puede encontrarse dando tumbos a través del aire y al mismo tiempo dando vueltas y vueltas. Ambos movimientos producen *g* negativas y positivas al mismo tiempo.

Imaginemos por un momento que usted ha saltado de un jet y se encuentra dando tumbos rápidamente de pies a cabeza. Si gira de forma que su estómago sea el centro de gravedad, toda la sangre debajo de su estómago es forzada hacia los pies (*g* positiva). Al mismo tiempo toda la sangre sobre su estómago es forzada hacia su cerebro (*g* negativa). Según la velocidad de sus giros, se encontrará en serios apuros. Si girara a un promedio de 130 vueltas por minuto, al término de treinta segundos perdería el sentido. El corazón no podría controlar la circulación de la sangre. Si gira de modo que su corazón sea el centro de grave-



El dibujo muestra la centrífuga de la Marina que hace girar al hombre en una cabina como un peso en la punta de un hilo. La máquina se usa para averiguar de qué forma las fuerzas g afectan el cuerpo (págs. 64 a 66). La foto insertada muestra al hombre sujeto a la mesa de giro que produce fuerzas g mixtas. Ambas máquinas estimulan las fuerzas que los pilotos de nuestros días encuentran en vuelo.





dad, estará en aprietos aún más serios. Si girara a solo sesenta a noventa vueltas por minuto, perderá el sentido luego de los treinta segundos. Los modernos aviones jet y cohete obligan a los pilotos a soportar fuerzas *g* livianas y pesadas por cortos períodos de tiempo. Los cohetes Marte y Júpiter del futuro crearán las mismas fuerzas *g*, pero por largos períodos. Esta es una de las razones por la cual la Fuerza Aérea y la Marina experimentan con hombres y animales. Quieren saber cuántas fuerzas *g* y en qué grado pueden ser toleradas antes que la mente y el cuerpo sean seriamente afectados.

En la W. A. D. C., en las afueras de Dayton, Ohio, la Fuerza Aérea cuenta con una fábrica de fuerzas *g* llamada centrífuga. Esta máquina hace girar sujetos de prueba humanos y animales a velocidades vertiginosas. El objetivo de esa "cámara de tortura" es conocer más acerca de los efectos de las fuerzas *g* sobre los hombres. La centrífuga consiste en una pequeña cabina para el sujeto, unida al final de un cuerpo de acero de cuarenta pies que gira como el regador del jardín. La cabina, al girar, se inclina levemente, de manera que el pasajero sentado dentro toma *g* positivas. En el otro extremo del cuerpo se encuentra otra cabina. Esta es lo suficientemente grande como para albergar un animal o un hombre y puede ser controlada produciendo *g* negativas o transversales. La temperatura de la primera cabina puede ser variada de 70° a 120° F.

El operador de la centrífuga se ubica en una pequeña oficina de control ligada al techo del recinto circular. Un segundo operador se ubica en la mitad del cuerpo que une las dos cabinas. Al girar la centrífuga, gira también su asiento, de manera que siempre tiene una visión clara del pasajero. Cualquiera de los operadores puede detener la máquina en caso que el hombre en la cabina dé la señal de "stop".

Una pequeña vuelta en la centrífuga le convencerá de que los fuerzas *g* no deben tomarse a la ligera. Usted entra en la cabina, luego se ata con un cinturón a través del pecho y con correas que sujetan los hombros manteniéndolo contra el asiento. A través de un juego de auriculares escuchará las instrucciones del operador. Le contesta empujando un interruptor que tiene en su mano. Antes que la máquina arranque, el operador le indica cómo debe mantener la cabeza firmemente hacia atrás contra su lugar de apoyo y le advertirá que no debe moverla una vez que la máquina arranque. "¿Listo?", pregunta la voz a través de sus auriculares. Usted presiona la luz "sí" y espera.

Silenciosa, suavemente, la centrífuga se pone en marcha, empujando su cuerpo blandamente al principio, con increíble

fuerza después. Usted siente que la cabina se inclina apenas. Antes de haber completado una revolución siente que su cuerpo es forzado hacia abajo contra el asiento. Quince segundos más tarde la presión contra su espalda desaparece. Usted se mueve ahora a velocidad constante, llevando 2½ *g*. Si usted pesa 110 libras, su peso ha doblado holgadamente a 275 libras. Siente sus pies como si usara zapatos de plomo y sus brazos se vuelven pesados sobre sus muslos. El cuero cabelludo hormiguea al tirar de la cabeza. Siente como si los lóbulos de sus orejas tuvieran algún peso que las lleva hacia abajo. Sus párpados y labio inferior caen y usted deglute con dificultad. Hasta aquí ha estado mirando atentamente a una pequeña luz sobre el panel instrumental. Con el rabillo de sus ojos ve dos luces más, una a cada extremo del panel. Ahora el operador da más velocidad a la centrífuga. Su cuerpo se vuelve aún más pesado en tanto usted da vueltas, y vueltas, y vueltas. Segundos más tarde se da cuenta de que las dos luces de los extremos del panel "han desaparecido". ¿O podría ser que sus ojos le estuvieran jugando una mala pasada? Comienza a perder la visión. Las luces todavía están encendidas, pero el aumento de las fuerzas *g* estrecha su campo de visión. Inmediatamente presiona el interruptor de control que tiene en su mano, no para detener la centrífuga, sino para encender dos luces más a una pulgada más cerca de la luz central. Segundos más tarde estas luces, también, "han desaparecido". Presiona el interruptor y se encienden dos luces más, aun más cerca de la luz central. Pero con el aumento de la carga *g* que el operador le está dando, su campo de visión se estrecha cada vez más. Después de encender y luego perder los juegos centrales de luces, sólo puede ver la luz central. Ahora también ésta se torna gris claro. Momentos más tarde sus pies están soldados al piso y debe esforzarse para mantener los ojos abiertos. Gradualmente la luz central va muriendo, muriendo, muriendo . . . oscuridad. No llega más oxígeno a sus retinas. Su visión se ha extinguido. Usted se da cuenta que en unos segundos más quedará inconsciente cuando también a su cerebro le falte oxígeno. Enciende la luz "stop" e inmediatamente siente que la centrífuga aminora la marcha. Instantaneamente retorna su visión y su cuerpo se hace más liviano. En unos pocos segundos más la cetrífuga se detiene y usted sale de ella.

Pero repentinamente su corazón comienza a latir con miedo. Sus sentidos le indican que la cabina está dirigida hacia abajo y terminará su vuelta estrellándose contra el piso del recinto. Se le ha advertido que sentirá eso, pero aun así no puede desechar el miedo. Se siente obligado a creer a sus sentidos, aunque sabe que le proporcionan una falsa información. "Si piloteara un avión",


piensa usted, "probablemente tiraría bruscamente hacia atrás de la palanca de comando". Pero esto podría ser fatal..., ahora se da cuenta qué traicioneras pueden ser las fuerzas *g*. La centrífuga se ha detenido y su sensación de estar zambulléndose se disipa. Impresionado por la vuelta, sale de la cabina diciéndose que una vuelta en la centrífuga es suficiente.

El motivo de los experimentos en la centrífuga es averiguar más sobre el comportamiento del hombre bajo las fuerzas *g*. Por ejemplo, los fisiólogos y psicólogos han averiguado que la habilidad del hombre para leer los instrumentos acertadamente y tomar decisiones disminuye más y más pasando las 3 *g*. Cuanto mayor es la carga *g* más lento es el trabajo y la respuesta a las señales. Una vuelta de su cabeza, cuando el hombre está bajo una prolongada carga *g*, instantáneamente interrumpirá el balanceado mecanismo de sus oídos. El resultado: vértigo, o completa pérdida de su sentido de dirección. Siente como si se hundiera dando vueltas en un pozo sin fondo.

El conocimiento que los fisiólogos adquieren con las pruebas de la centrífuga ayuda al ingeniero aeronáutico a diseñar aeroplanos inteligentemente. ¿Qué sentido tiene construir un cohete tripulado o una nave espacial capaz de producir fuerzas *g* tan grandes que el hombre no puede soportar? El problema es averiguar cuántas *g* puede soportar un hombre *y continuar haciendo su trabajo correctamente;* luego construir un avión que se adapte al hombre. El comandante naval George W. Hoover (retirado) tocó este punto cuando dijo: "Si el hombre debe operar como un mecanismo tomadecisiones, debe ser conservado su ambiente natural... Asegurémonos de saber precisamente cuál es el ambiente natural del hombre y luego que los ingenieros diseñen máquinas para estos requerimientos."

Proyecto 6190

Desde que los hombres han volado en aeroplanos, han dependido de instrumentos que les proporcionan cierta información que sus sentidos no pueden percibir por no estar lo suficientemente agudizados. Los ojos de un piloto experimentado, por ejemplo, pueden decirle aproximadamente a qué altitud vuela. Pero "aproximadamente" no es suficiente en nuestra era del vuelo. El supersentido de un altímetro es necesario para que indique exactamente a qué altura está. Si un piloto vuela a través de un denso banco de nubes, o si vuela sobre agua en la noche, no se puede fiar de sus ojos y del balanceado mecanismo de sus oídos. Debe confiar en un compás e instrumentos llamados horizonte artificial e indicador de

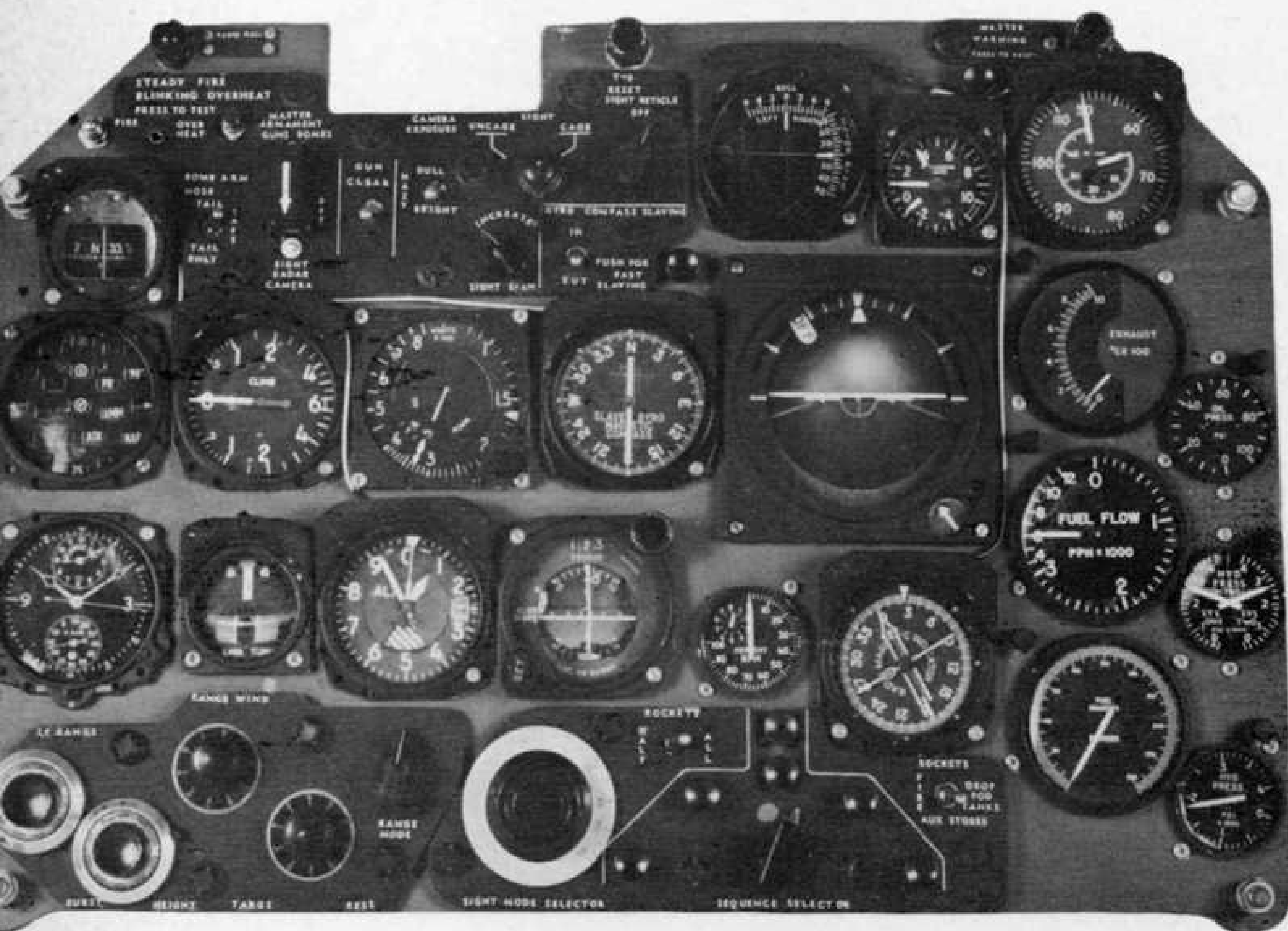


EL DESLIZADOR COHETE DEL CORONEL STAPP

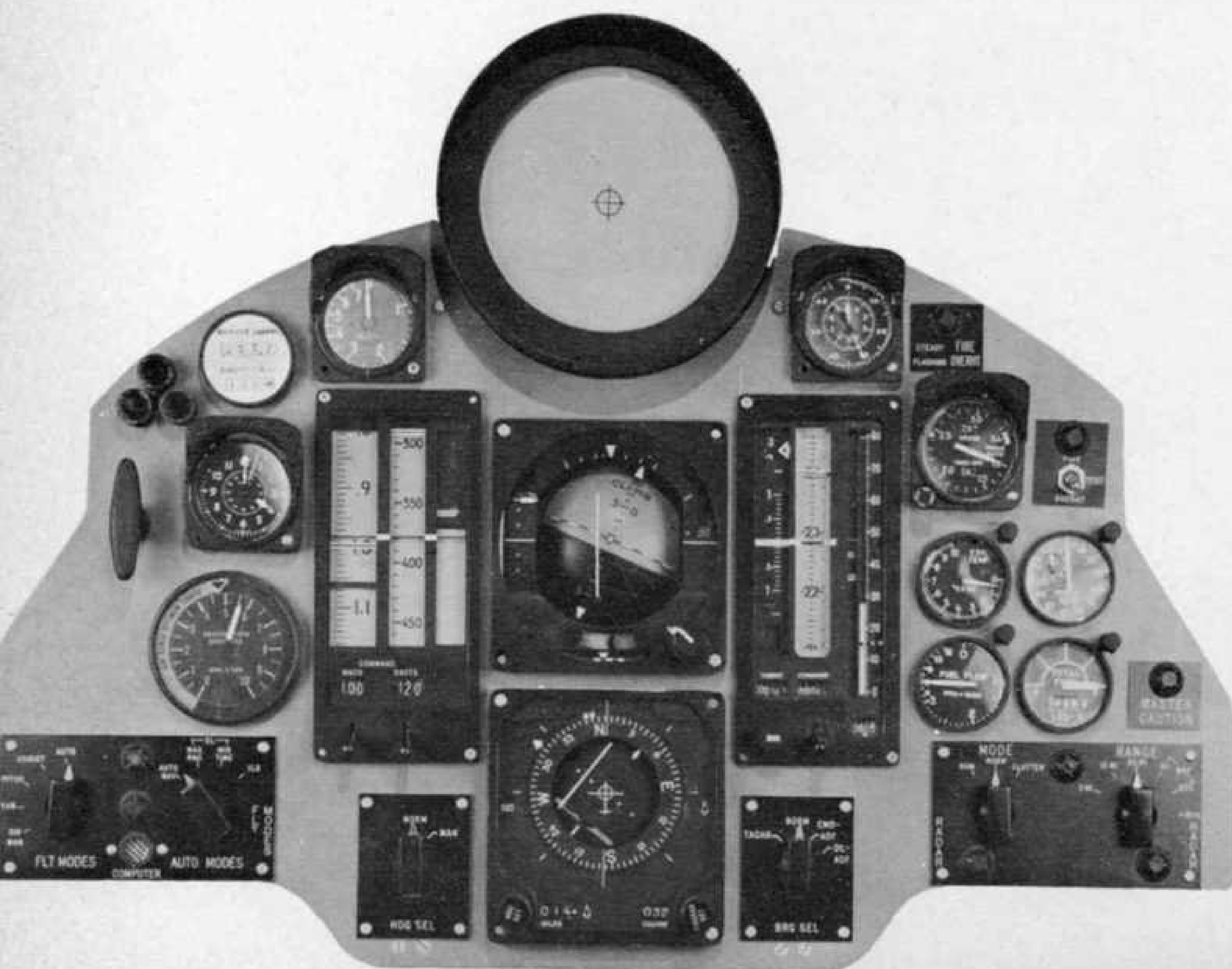
Durante sus experimentos con su famoso deslizador cohete, el coronel John Stapp fue sujetado al asiento, los cohetes se dispararon y le llevaron a lo largo de un riel de 3.500 pies de largo. Cuando alcanzó la máxima velocidad, se aplicaron los frenos de agua, enviando spray a gran altura en el aire. Durante la carrera record del coronel alcanzó una velocidad de 632 millas por hora y fue sacudido por una frenada de poco más de un segundo. El motivo de estos experimentos era conocer de qué manera la rápida producción de fuerzas g afecta al cuerpo humano. En otras veces (izquierda) la cara de Stapp fue expuesta a chorros de aire de más de 1.000 libras.

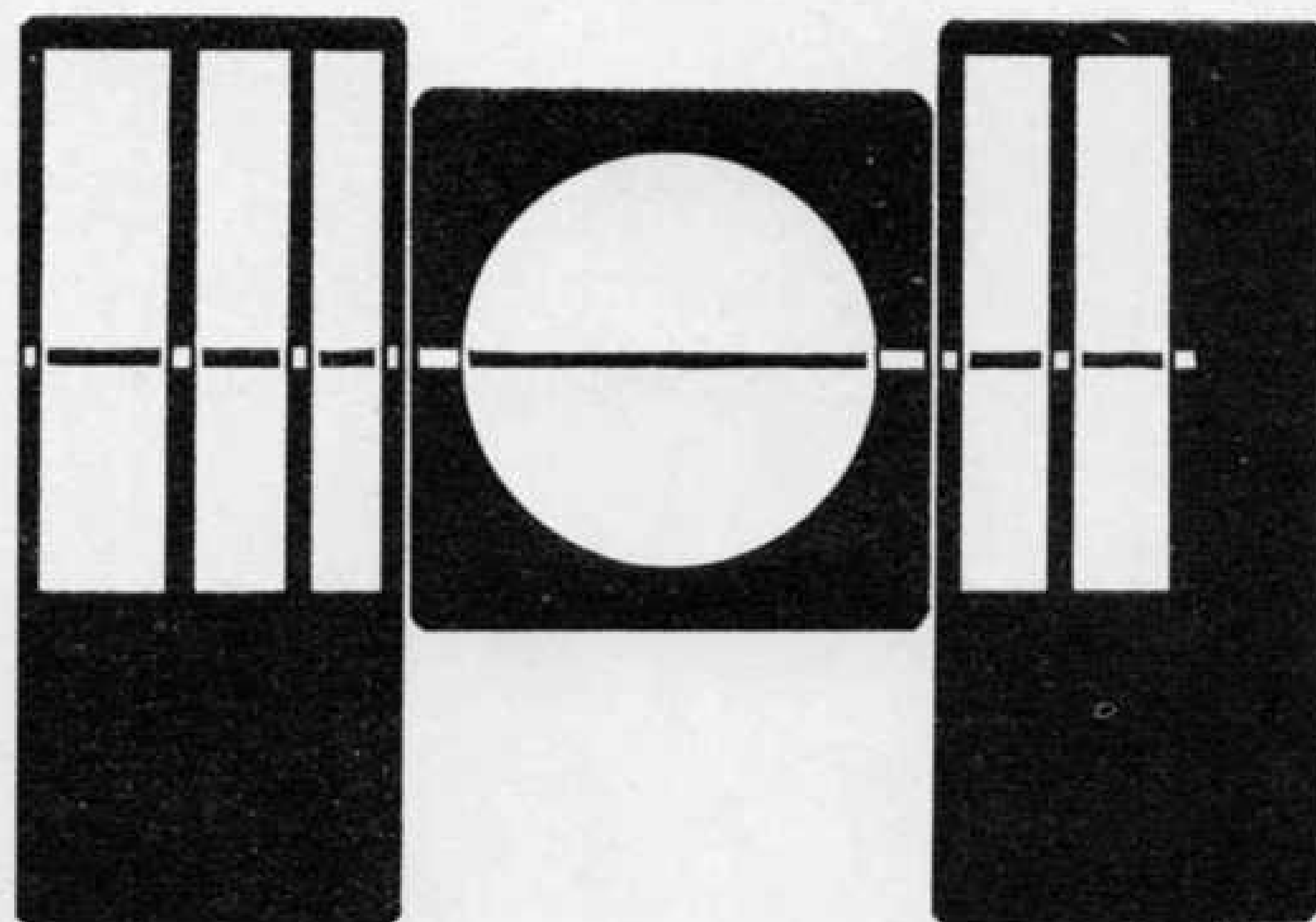
giro y ladeo que le indican si vuela recta y niveladamente o si ladea demasiado o muy poco en los virajes. El piloto no está equipado con sentidos que le indiquen a qué velocidad sube o a qué velocidad vuela en línea recta. La aguja del promedio de subida y el indicador de la velocidad del aire deben darle esta información.

Desde los primeros días de vuelo, estos instrumentos, conocidos como los "seis sagrados" (altímetro, indicador de la velocidad de aire, dial de promedio de subida, horizonte artificial, compás e indicador de giro y ladeo), han indicado al piloto todo lo que necesita saber sobre su situación en cualquier momento. Pero las mayores alturas y velocidades de la nueva era del aire han aumentado el número de los seis sagrados. Proyectiles y cohetes disparados electrónicamente, complejos sistemas de navegación, y docenas más de recursos de alto desempeño, son equipo standard en nuestros días. Cada adición ha significado nuevos instrumentos,



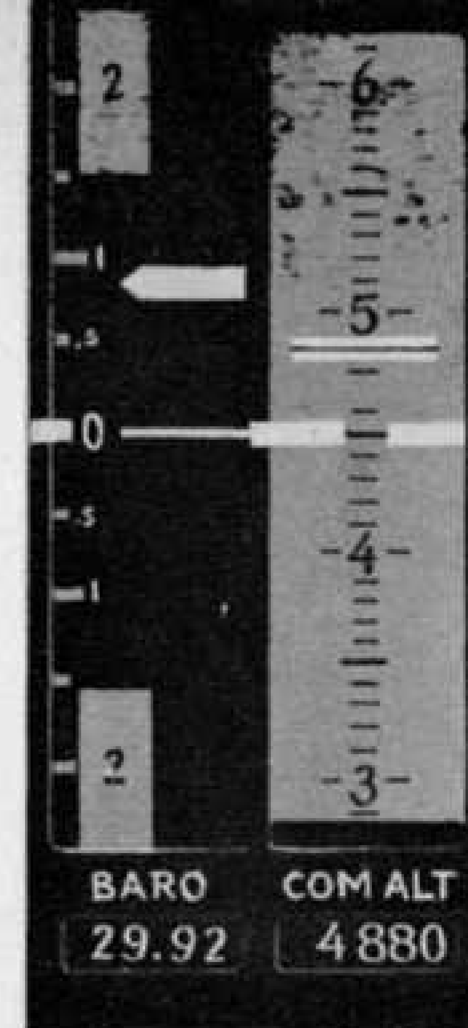
Para ayudar a los pilotos a leer más rápidamente los instrumentos, los psicólogos e ingenieros han reagrupado los instrumentos. A la izquierda se encuentra un viejo panel instrumental, una maraña de diales e interruptores. A la izquierda, más abajo, los instrumentos principales han sido reagrupados para facilitar la lectura. Si el aeroplano está volando recto y nivelado a la exacta velocidad y altura, una línea recta se extiende a través del grupo central de instrumentos. En un viraje (izquierda abajo) el horizonte artificial se encuentra ligeramente inclinado, rompiendo una línea continua.





Al leer el altímetro del dial de la izquierda, el piloto realiza tres lecturas. La aguja larga y fina indica los diez miles de pies; la manecilla corta indica los miles de pies; la manecilla larga y ancha indica los cientos de pies. Para leer el altímetro de registro de la derecha, el piloto mira al indicador y lee su altura.



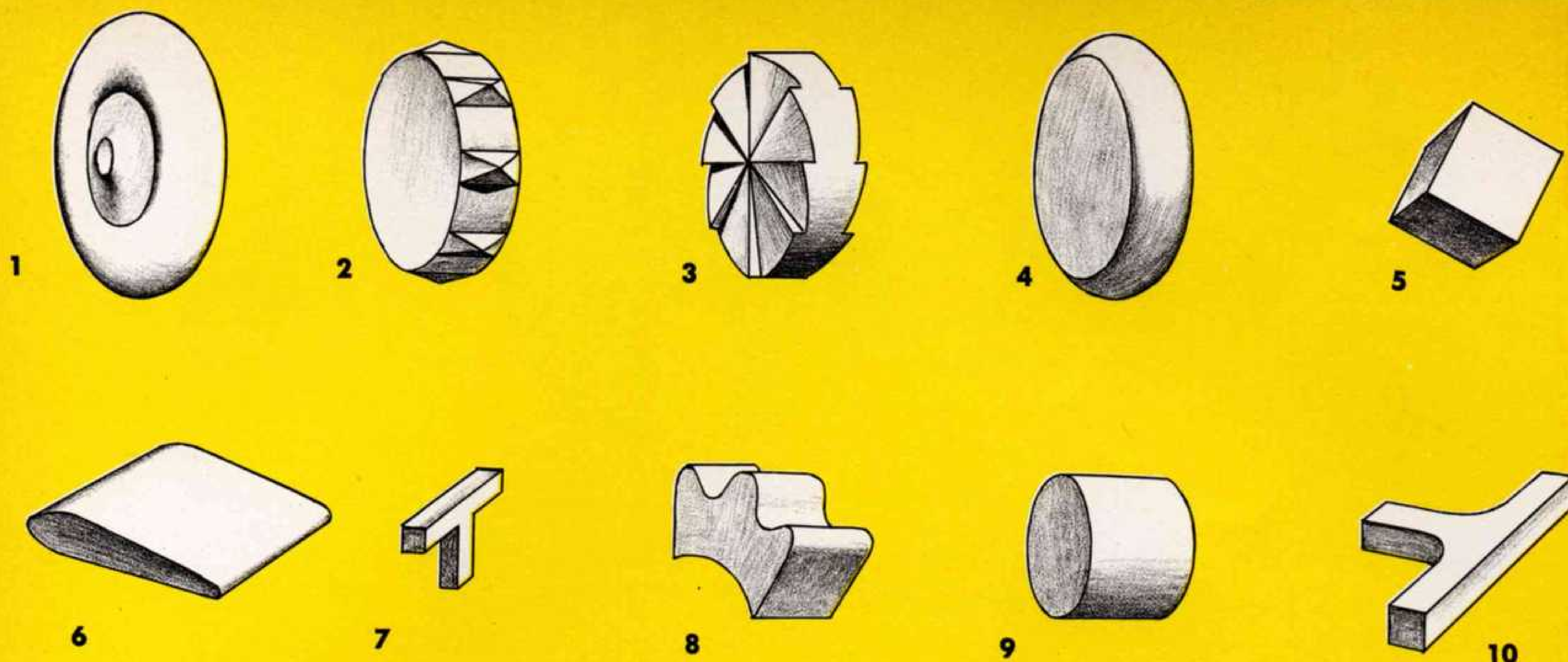


también "sagrados" para la consulta del piloto. En las aeronaves de nuestros días, los ojos, oídos, dedos de un piloto, deben prestar atención a unos 100 ó 200 interruptores, diales, botones, luces de alerta e intermitentes, chicharras y bocinas. Al mismo tiempo debe escudriñar el cielo en busca de otra aeronave, recibir y mandar mensajes por radio. A cada momento durante el vuelo debe tomar decisiones sobre la oleada de información que le llega. Es algo así como tratar de jugar al ajedrez y llenar un formulario de impuestos a los réditos al mismo tiempo.

Los pilotos de la Segunda Guerra Mundial enfrentaban los mismos problemas. Pero tenían menos instrumentos que vigilar en sus aviones subsónicos. También tenían más tiempo para leer sus instrumentos y tomar decisiones. Hoy, la *velocidad* del jet y aviones cohete demandan del piloto: 1) leer, evaluar, y tomar decisiones *rápidamente* sobre la información que sus instrumentos le dan, y 2) pilotear su avión con mayor precisión, porque un error a velocidad supersónica puede ser más serio que el mismo error a velocidad subsónica.

Así lo dijo un oficial de la Fuerza Aérea trabajando en el laboratorio de control de vuelo en el W. A. D. C.: "En los aviones supersónicos de hoy y del futuro inmediato, el margen de error ya no existe. Lo que estaba bien en un avión subsónico no es lo suficientemente bueno en un vuelo supersónico. A 200 millas por hora en un bombardero B-25, el piloto cambia su paso de hélice cinco grados y lentamente varía su altura. Puede controlar este cambio porque está volando despacio. Pero en un jet supersónico, cuando un piloto hace un cambio de altura de un grado y medio, contrae fuerzas *g*. Al pilotear una maniobra de combate, el piloto de hoy simplemente no puede permitirse un error. Si lo hace, puede no tener tiempo para corregirlo."

Psicólogos e ingenieros tienen un interminable trabajo al simplificar los instrumentos que el piloto necesita para su información en vuelo. Algunas de las investigaciones en este campo se han dado a conocer como "Proyecto 6.190" en la Fuerza Aérea. Muchos instrumentos mejorados han salido del Proyecto 6.190 y se encuentran ahora en uso experimental (antes de convertirse



Para relevar los sobrecargados ojos del piloto de trabajo, ciertos botones de control han sido rediseñados. La idea es que el sentido del tacto, no sus ojos, identifiquen los objetos: 1. tren de aterrizaje; 2. control mixto; 3. supercargador; 4. acelerador; 5. calor carburador; 6. alerones; 7. luz de aterrizaje; 8. hélice; 9. elevar a reverso de acelerador; 10. disparar.

en equipo standard de avión son probados en vuelo por unas cien horas o más por pilotos de prueba).

El viejo altímetro, por ejemplo, parece un reloj con tres manecillas. La larga indica los cientos de pies, la corta indica los miles de pies y una larga y delgada indica los diez miles de pies. Un piloto cansado por un vuelo agotador, fácilmente podría equivocarse al leer este altímetro de tres agujas. Una rápida mirada a las agujas podría indicarle que su altura es de 22.000 pies, cuando su altura real es sólo de 12.000. De acuerdo con la Fuerza Aérea, muchos pilotos se han estrellado porque incurrieron en un rápido error de altura de 10.000 pies.

Para protejer a otros pilotos contra el mismo error fatal, los ingenieros del Proyecto 6.190 diseñaron el altímetro de registro. El piloto ya no tiene que perder preciosas fracciones de segundo estudiando un confuso dial circular para descubrir precisamente qué números señalan las manecitas del altímetro. Ahora lee su altura mirando a un único punto estacionario, detrás del cual una cinta graduada se mueve hacia arriba o abajo. Si asciende, la cinta (que parece un centímetro de sastre), se desliza hacia arriba pasando el señalador fijo. Cuando desciende, la cinta resbala hacia abajo.

Las docenas de perillas que un piloto presiona, da vuelta, y tira, también han sido consideradas desde un nuevo punto de vista. En los aviones antiguos, la mayoría de las perillas eran de forma y tamaño similares a los de una pelota de golf. Esto estaba bien para aviones lentos, cuando el piloto tenía tiempo de mirar cada perilla antes de usarla. Los pilotos de nuestros días no siempre tienen tiempo de mirar. Los psicólogos en el W. A. D. C., han re-

suelto este problema dando distintas formas a muchas perillas standard de la cabina de pilotaje. La perilla del tren de aterrizaje, por ejemplo, tiene la forma de una rueda de aterrizaje. La perilla de control de los alerones tiene la forma de una pequeña sección de ala. Con estas formas distinguibles al tacto, las manos del piloto hacen un trabajo que antes realizaban los ojos. Ya no tiene que mirar para asegurarse que su mano está donde debe estar. Esto libera los ojos para lo que puede ser más importante en el instante.

Para facilitar al piloto el trabajo de lectura de instrumentos, los psicólogos también consideran estas preguntas: ¿De qué forma, colores y tamaños deben ser los diales instrumentales? ¿Circulares? ¿Semicirculares? ¿Cuadrados? ¿Ovales? ¿Triangulares? ¿Algunas formas atraen la atención del ojo mejor que otras? Si es así, los instrumentos más importantes deberían tener las formas distintivas. ¿Debe, un instrumento, tener números blancos contra un fondo negro? ¿Cuáles son las ventajas de tener un fondo rojo o amarillo? ¿A qué instrumentos se les debe dar posición preferencial en el panel?

Para responder a estas preguntas y a docenas más los científicos del W. A. D. C., han pasado cientos de horas filmando los movimientos de los ojos de los pilotos al volar sus aviones. Estas películas indican qué instrumentos usa el piloto con más frecuencia. Estudiando las películas, el psicólogo puede decidir qué instrumentos son los "importantes" y darles así posición preferencial en el panel. En el nuevo sistema instrumental "integrado", ahora en uso limitado, el piloto puede leer todos los "seis sagrados" de una sola ojeada y en fracción de segundo. Los instrumentos están dispuestos de tal manera que sus señaladores blancos forman una línea recta a través del panel instrumental (ver ilustración) si el avión vuela como debe. Si la nariz del avión está ligeramente levantada, la línea blanca será quebrada por la posición inferior de la línea del horizonte artificial. O si la velocidad del aire es demasiado lenta, la aguja que lo controla romperá la línea descendiendo.

Simplificar instrumentos ha sido sólo una parte del trabajo del re-diseño. Otra parte consiste en hacer que los instrumentos ejecuten más trabajo. Hoy, el piloto necesita dos clases de información. Primero, debe saber lo que su avión *está haciendo* en un instante determinado (su altura, por ejemplo). Segundo, debe saber lo que su avión *debería estar haciendo.*

Imagine por un momento un altímetro que dé al piloto ambos tipos de información en esta situación: Un piloto de combate ha despegado para dar caza a un avión enemigo que no puede ver, pero sí su radar. Durante el ascenso, el altímetro indica el número "50.000". El radar del piloto ha determinado la altura del

avión enemigo —50.000 pies— y ha situado la cifra en la ventanilla (indicando al piloto dónde *debería estar* su avión). Segundos más tarde, el piloto vuela a 50.000 pies.

La situación perfecta sería que el computador que detectó la altura del avión enemigo diera información directamente a los controles del avión. ¡De esta forma los instrumentos, no el piloto, maniobrarían el avión! Actualmente, algunos de nuestros aviones de combate pueden operar en esta forma, así como la mayoría de los proyectiles. El piloto simplemente lleva su avión al área general de la máquina enemiga. Luego, la maniobra pasa a un cerebro electrónico que pilotea el avión y dispara los cohetes en el momento exacto hacia el enemigo. El piloto simplemente se sienta tiesamente y espera que su contraparte electrónica haya completado el trabajo, luego retoma y pilotea su avión de vuelta a la base. O, si lo prefiere, conecta otro cerebro electrónico que también hará este trabajo por él.

Si el sistema-máquina trabaja tan bien, ¿por qué molestarse en tener pilotos?, podrá preguntarse usted. Suponga por un momento que un bombardero completamente electrónico olfatea un barco enemigo en el Atlántico. El avión automáticamente tirará al blanco; automáticamente disparará sus bombas mortales sobre el barco, luego volverá a casa. Pero suponga que el barco ha sido claramente señalado como barco hospital. Los "pilotos" electrónicos no podrían hacer esta distinción. O supongamos que el piloto automático se hubiera estropeado durante el vuelo. En ambos casos sería necesario un cerebro humano para tomar las decisiones necesarias. Un cerebro electrónico así como un cerebro humano pueden bombardear una ciudad. Pero sólo el cerebro humano puede preguntar: "¿Por qué hago ésto?" O, "¿tendría yo que hacer ésto?"

Otro nuevo aspecto del diseño de instrumentos: Algunos instrumentos proporcionan información en figuras más que en cifras. Si el velocímetro de aire indica .5 Mach, el piloto sabe que vuela a la mitad de la velocidad del sonido. Si indica .9 Mach está volando a nueve décimas de la velocidad del sonido. Pero debajo de .5 Mach el velocímetro comienza a mostrar figuras: La figura de un tren de aterrizaje aparece debajo del señalador cuando el avión ha descendido lo suficiente como para que el piloto baje sus alas o suelte su paracaídas. ¿Y por qué no tener un indicador de nivel de combustible con la forma de un tanque de combustible? En tanto que una superficie coloreada se mueve más y más abajo a través del tanque, el piloto sabría cuánto combustible le queda. Las figuras pueden dar al piloto cierta clase de información mucho más rápido y exactamente que los números sobre un dial.

Los científicos de la Fuerza Aérea creen que en los próximos diez años los instrumentos cambiarán aún más de lo que cambiaron desde la Segunda Guerra Mundial. Algunos visualizan una pantalla de radar justamente frente al piloto. Para navegar, podría insertar un pequeño mapa de vidrio de los Estados Unidos detrás de la pantalla. El mapa sería aumentado unas 400 veces en la pantalla, mostrando ríos, pueblos, rutas, y otros accidentes. Proyectado sobre el mapa, habría una pequeña imagen móvil representando el avión al pasar sobre lagos y montañas hacia su objetivo. La misma pantalla podría también indicar la imagen de un avión enemigo maniobrando para un ataque.

Al hacerse cada vez más compleja la técnica del vuelo, las máquinas toman a su cargo tareas del piloto. Hoy estamos en una era de transición. Estamos volando parte en la atmósfera terrestre, parte en el espacio, algo así como en la tierra de nadie del aire. Algunas veces el piloto pilotea su avión y otras los instrumentos lo hacen por él. Una vez que nos encontremos en el espacio total, volando entre los planetas, los instrumentos harán todo el vuelo. El "piloto" será un ingeniero cuyo trabajo consiste en supervisar los instrumentos que dirigen la nave espacial.

¿Cuánta información?

A través de su experiencia de vuelo, el hombre no ha cambiado. Ha sido el único constante en la era del aire. Su habilidad para ver, oír, pensar, reaccionar, sentir emociones, son las mismas hoy que cuando los egipcios construían pirámides. Pero en la moderna era del vuelo el hombre ha sido llevado al límite tope de su habilidad de desempeño.

Si usted ha cabalgado por varios caminos altos sabe qué aburrida puede ser algunas veces la cabalgata. El conducir un coche hora tras hora a velocidad constante, por una ruta amplia, en línea recta, con muy poco tráfico y un paisaje monótono, ha sido causa de numerosos accidentes. El conductor tiene tan poco que hacer que o bien se queda dormido por aburrimiento o comienza a soñar despierto. El resultado es que su actuación como conductor fracasa. Repentinamente se encuentra a través de la línea media a la mano contraria, o dentro de una zanja. Tenía tan poco que hacer que su vigilancia —y actuación— fracasó rotundamente. Su mente estaba tan embotada por la inactividad que ya no pudo controlar el coche.

La misma ruta sobrecargada de tráfico puede también ser causa de accidentes. Pero en este caso un conductor tiene tanto que hacer en tan poco tiempo que se confunde y su confusión es

la causante de la pérdida del control de su coche. Su manos están ocupadas conduciendo. Su pie derecho se mueve frecuentemente del acelerador al pedal del freno. Sus ojos deben controlar el velocímetro, el espejo retrovisor, la superficie de la ruta, y el tráfico delante y detrás de él. Sus oídos deben catalogar e interpretar una variedad de sonidos: la aceleración del motor de un coche o camión detrás, ráfagas de bocinazos por delante y detrás, y muy probablemente una conversación con un pasajero. En estas ocasiones el conductor puede estar sobrecargado de información —las muchas señales visuales y auditivas que debe interpretar.

Cuando demasiada información inunda sus sentidos puede fallar al tomar la decisión correcta. El resultado, una colisión con otro automóvil.

Los pilotos enfrentan el mismo problema. Algunas veces tienen demasiado poco que hacer, pero muy a menudo tienen mucho que hacer y muy rápidamente. Cuando los sentidos del piloto están tan abrumados de información que su actuación decae, los psicólogos dicen que el hombre sufre de "fatiga informativa". El resultado es que comienza a cometer errores en la lectura de sus instrumentos, o no es capaz de leerlos con la suficiente rapidez. Un error de esta índole podría ser fatal.

Los psicólogos de la Fuerza Aérea tratan de averiguar con certeza cuánta información puede manejar un piloto. También, cuáles son las mejores formas para manejarla. Una conclusión a la que han llegado es que en las aeronaves modernas el sentido visual del piloto está sobrecargado. Se exige a sus ojos hacer demasiadas cosas. Una de las preguntas a la que tratan de darle respuesta, es: ¿qué clase de información es la que mejor conviene a los oídos, a los ojos y al sentido del tacto?

Por ejemplo, para relevar a los ojos de ciertos deberes, ¿por qué no hacer trabajar más a los oídos? En vez de exigir que el piloto mire a un señalador en el panel instrumental para averiguar si sus alerones están bajos para aterrizar, puede tener una voz grabada que diga: "los alerones están bajos". Y en tanto que el piloto busca un aterrizaje por medio de instrumentos, ¿por qué no tener otra voz grabada que le diga: "Izquierda, izquierda, izquierda", cuando su pista de aterrizaje está demasiado a la derecha? La voz no reemplazaría al instrumento que normalmente da al piloto información exacta sobre su pista de aterrizaje. Simplemente diría al piloto cuándo debe leer el instrumento.

En situaciones en que los oídos están sobrecargados con información ¿por qué no poner a trabajar el sentido del tacto del piloto? Tan pronto como un pequeño botón en el frente de la palanca de comando comenzara a vibrar, ésto indicaría que el piloto debe

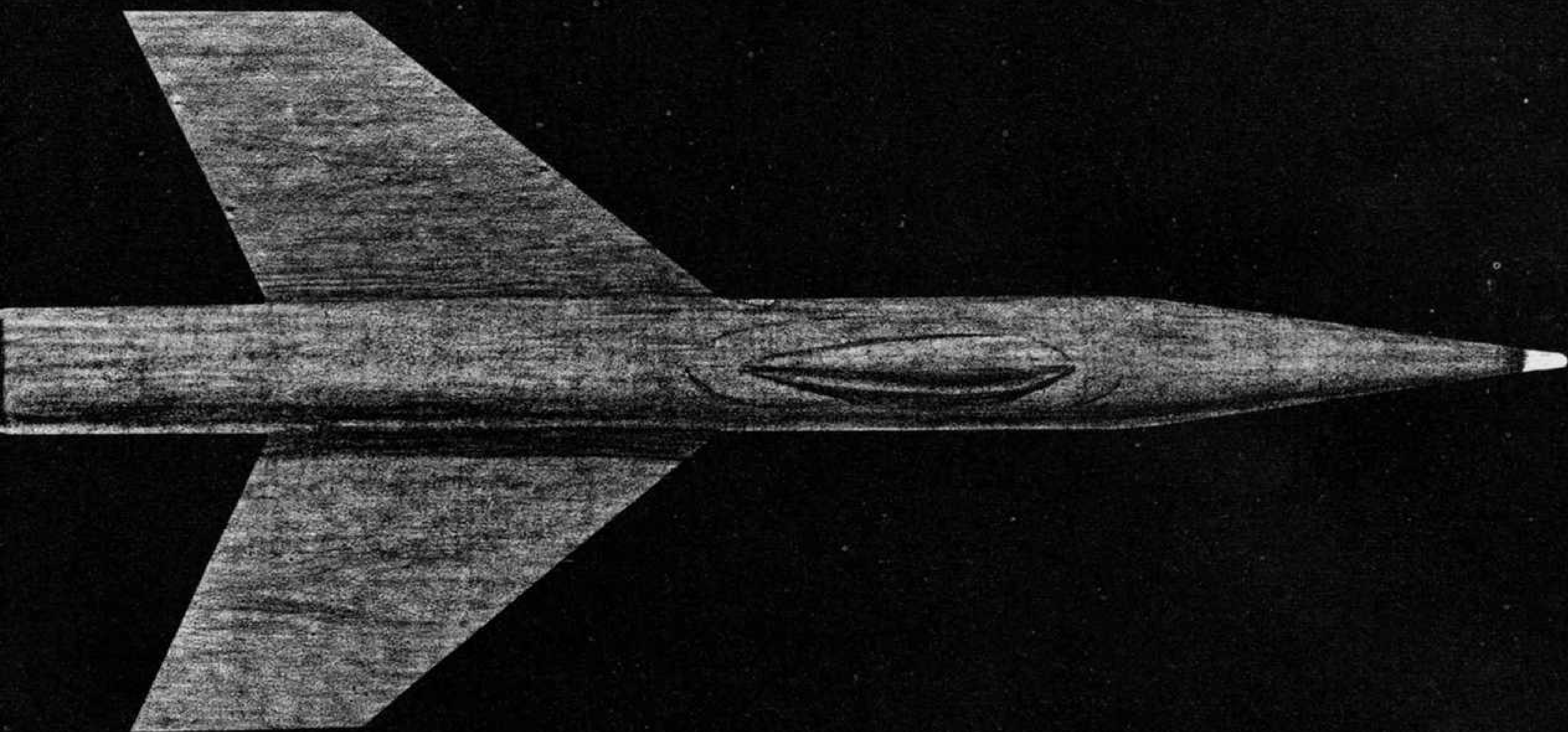
poner hacia abajo la nariz de su avión. Otro botón vibrador en la parte de atrás de la palanca de comando informaría al piloto que debe dirigir su máquina hacia arriba. En este caso sus ojos y oídos serían relevados de trabajo. Estos botones vibradores son llamados "código vibro-táctil". Dijo un psicólogo de W. A. D. C.: "La idea de tener vibradores y vocecillas indicándole cómo volar, puede parecer bastante extraño a los pilotos. Pero una cantidad de cosas que hoy hacemos en el aire habrían parecido «bastante extrañas» sólo unos pocos años atrás. Cuando investigemos lo suficiente y sepamos cuáles son las mejores formas posibles para proporcionar información al piloto, los ingenieros pueden continuar y diseñar nuevos instrumentos."

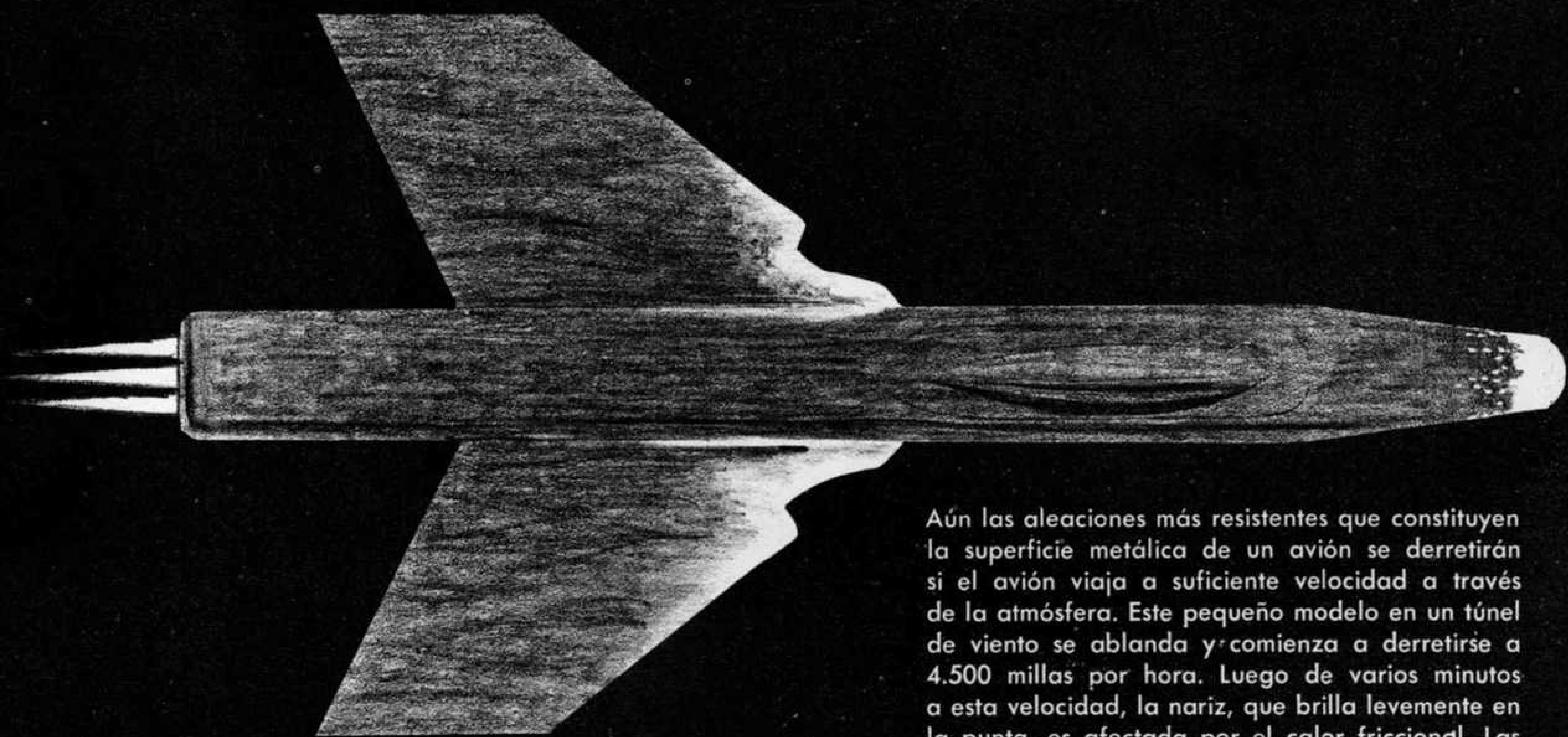
¿Cuánto calor?

Durante la Segunda Guerra Mundial, un importante problema que los bombarderos de altura y pilotos de combate enfrentaban era el de mantener una temperatura confortable. Para resolverlo usaban trajes caldeados eléctricamente. Hoy estos trajes están tan pasados de moda como los botines. Los pilotos supersónicos se preguntan ahora: "¿Cómo puedo mantenerme fresco?"

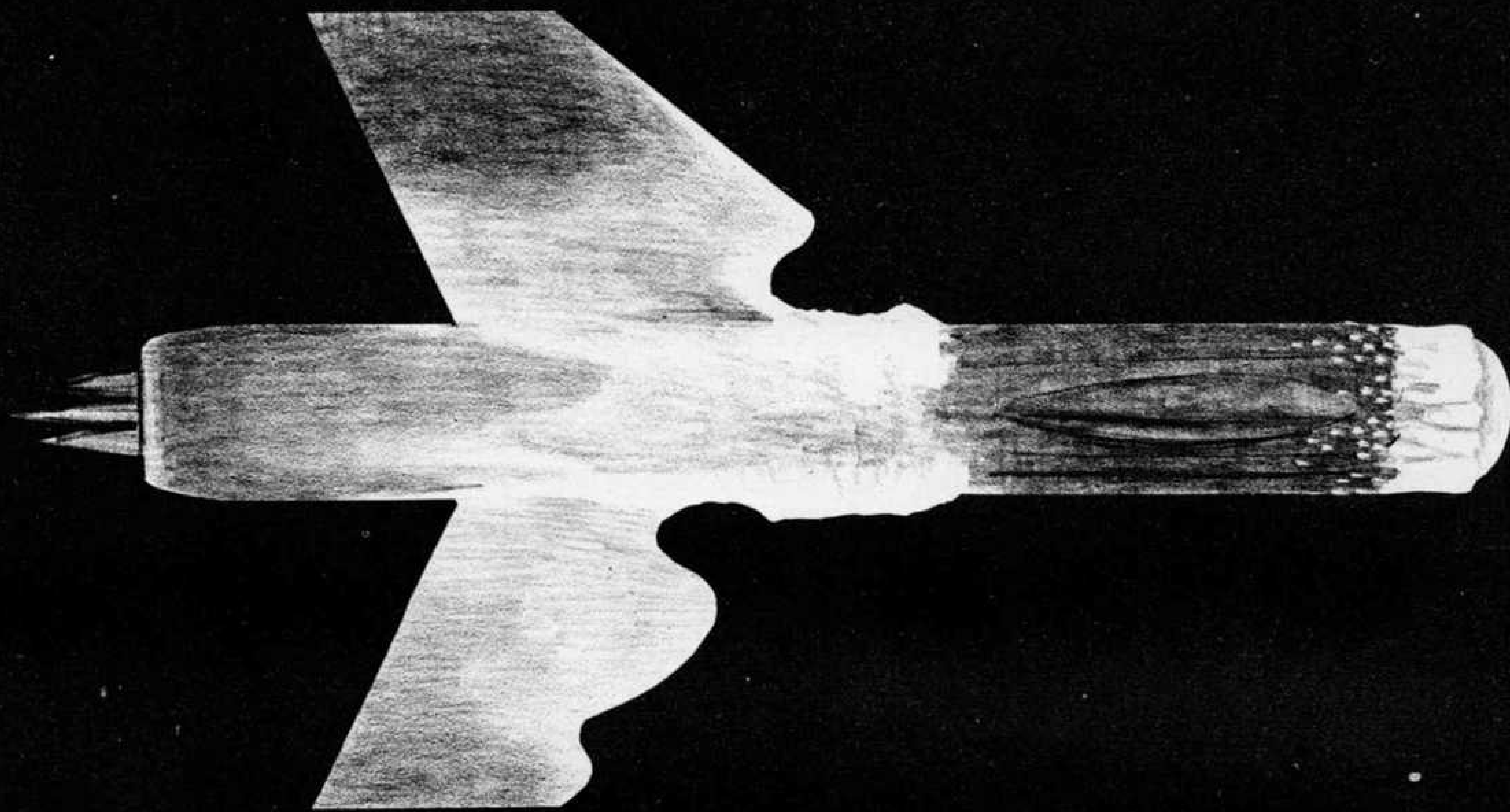
Un jet volando a Mach 1 (la velocidad del sonido) sobre el Polo Norte, se caldea como el aire sobre un desierto tropical. La razón: cuanto más rápidamente rasga el cielo el avión, más calor termodinámico genera (calor de fricción). El calor es transferido a través de la piel metálica del avión a la cabina de pilotaje. Esta es la razón de las unidades de refrigeración con que están equipados los aviones jet y cohete de nuestros días para mantener al piloto fresco (el problema de mantener el avión frío se tratará en el próximo capítulo).

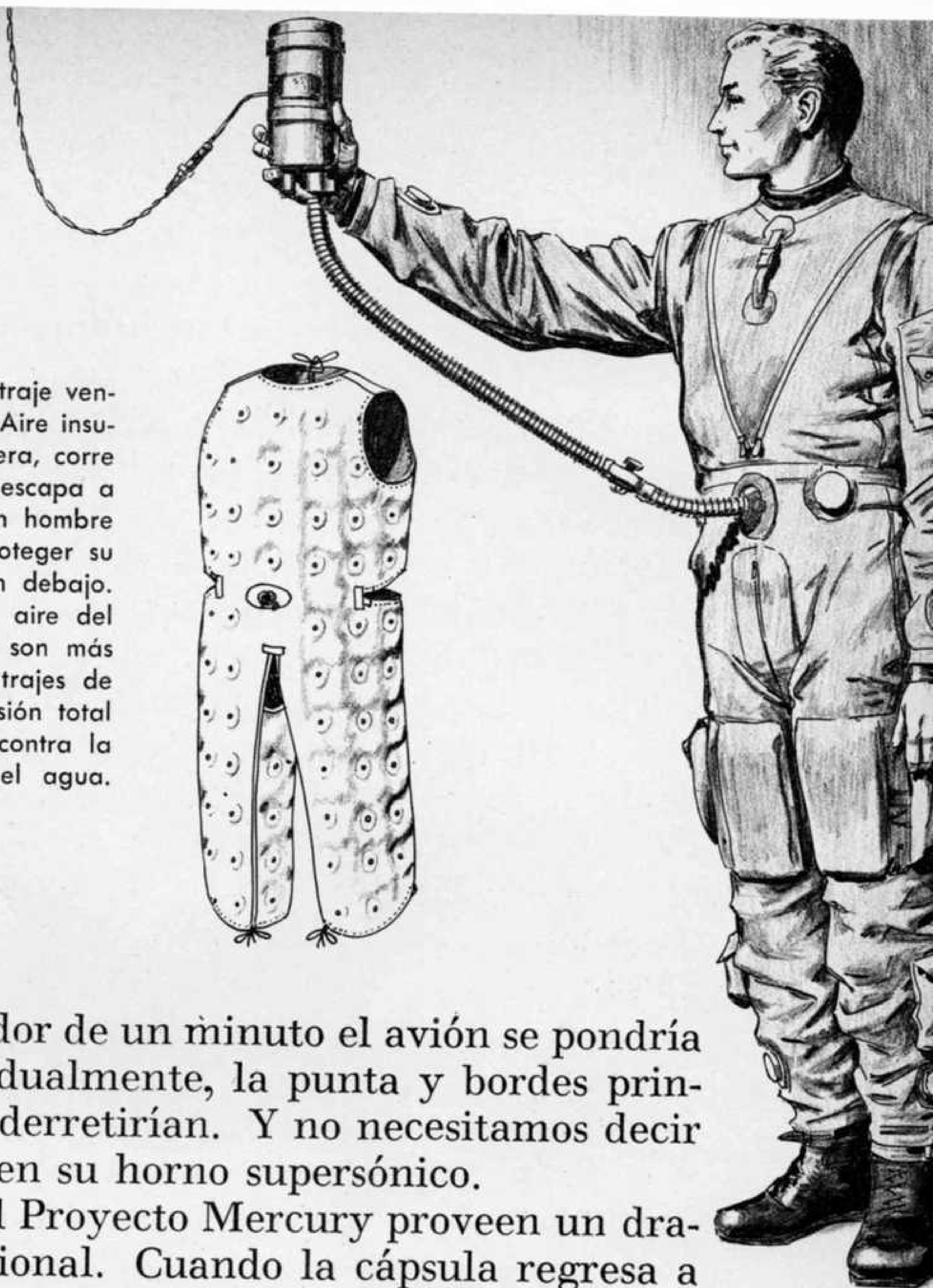
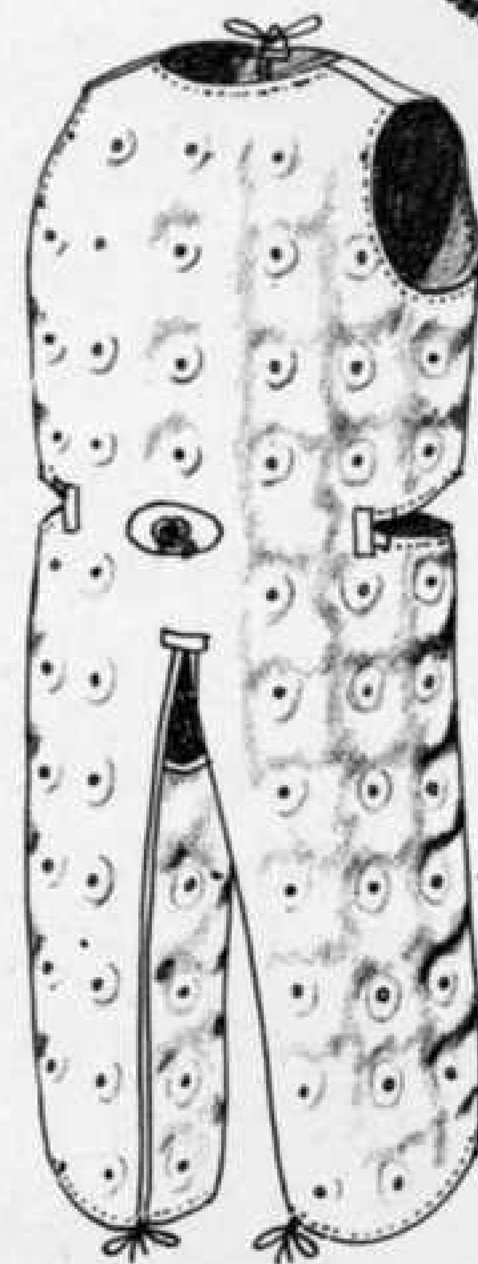
Supongamos que un jet de combate está volando a Mach 1 a una temperatura de 0° F. El movimiento extremadamente rápido de las moléculas de aire, al estrellarse contra una película de aire inmóvil adherida a la piel metálica del avión, elevará la temperatura del avión a 80° F. En Mach 2 la temperatura se eleva a 320° F. Y en Mach 10 (diez veces la velocidad del sonido) la temperatura se elevará a 8.000° F., mayor que la superficie del sol. Como el aire a nivel del mar es más denso que el aire a gran altura, el problema se hace más serio cuanto más bajo vuela el avión. Pero a 120 millas de altura hay tan pocas moléculas de aire que un aeroplano, no importa a qué velocidad vuele, generará relativamente poco calor friccional. Pero si el piloto de un avión cohete capaz de una velocidad de 4.000 millas por hora tirara del acelerador en vuelo recto y nivelado a solo unos pocos cientos de pies





Aún las aleaciones más resistentes que constituyen la superficie metálica de un avión se derretirán si el avión viaja a suficiente velocidad a través de la atmósfera. Este pequeño modelo en un túnel de viento se ablanda y comienza a derretirse a 4.500 millas por hora. Luego de varios minutos a esta velocidad, la nariz, que brilla levemente en la punta, es afectada por el calor friccional. Las alas también se derriten con el intenso calor.



Los pilotos de jet se mantienen frescos con un traje ventilado que usan debajo de sus ropas de vuelo. Aire insuflado dentro del traje a través de una manguera, corre alrededor del cuerpo, suprimiendo el calor, y escapa a través de pequeños agujeros. A la derecha un hombre usa un traje anti-exposición, diseñado para proteger su aterrizaje en agua, con un traje de ventilación debajo. El recipiente en su mano es un compresor de aire del laboratorio. Como los trajes de presión total son más prácticos, probablemente reemplazarán a los trajes de ventilación y anti-exposición. Los trajes de presión total están diseñados para protejer a los hombres contra la gran altura así como contra exposición en el agua.

sobre la tierra, luego de alrededor de un minuto el avión se pondría al rojo vivo con el calor. Gradualmente, la punta y bordes principales de las alas y la cola se derretirían. Y no necesitamos decir que el piloto se achicharraría en su horno supersónico.

Las cápsulas espaciales del Proyecto Mercury proveen un dramático ejemplo del calor friccional. Cuando la cápsula regresa a la atmósfera, el protector de calor que forma el extremo plano de la cápsula alcanza un máximo de temperatura de unos 3.000° F. El protector está hecho de una mezcla de fibras de vidrio y resina. Durante su vuelta a la atmósfera, varias libras de resina hierven y se vaporizan. Tan efectivo es este método de mantener la cápsula "fresca" que el astronauta, a solo unas pulgadas del protector, está confortablemente a una temperatura algo superior a los 100° F.

En los últimos años los médicos de la Fuerza Aérea se han usado a sí mismos como conejillos de India humanos para descubrir en qué forma el excesivo calor afecta al hombre. Su laboratorio es una gran cámara de altura de metal con controles para calor, humedad y movimiento de aire dentro de la cámara. Lo que estos investigadores han descubierto sorprenderá a algunas personas.

A una altura de 24.000 pies, un piloto puede desenvolverse bien por cuarenta minutos con aire a una temperatura de 158° F. Si permanece en esta temperatura de cuarenta a cincuenta minutos, su actuación se vuelve incierta. Variará de un hombre a otro y dependerá de la situación en que se encuentre. Si permanece más de cincuenta minutos puede tener dificultades al pilotear

el avión: sus virajes serán descuidados y su atención no se fijará. Si permanece más de una hora y media a 158° F, el piloto perderá el sentido. Permanencias de más de dos horas producirán una temperatura terriblemente alta y muerte eventual.

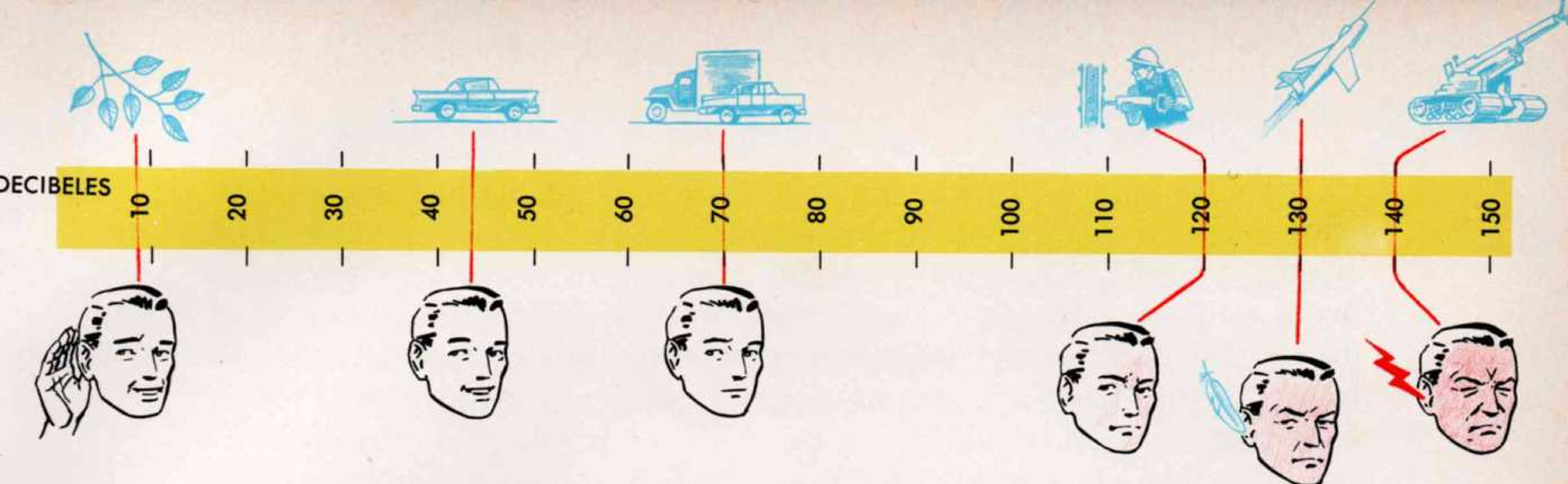
Eleve la temperatura aún más y el problema se hace más grave. En una cabina de pilotaje a una temperatura de 230° F, un piloto podría pilotear su avión correctamente por dieciocho minutos sin errores en el desempeño. Pero después de veintidós minutos a esta temperatura no podría pensar con claridad y tendría problemas para entender la lectura de los instrumentos. Luego de unos treinta y ocho minutos perderá el sentido.

A fin de combatir el problema del calor producido por el vuelo a grandes velocidades, un grupo de investigación de la Fuerza Aérea dirigido por H. A. Mauch en el W. A. D. C., diseñó el traje ventilado. Hecho de nylon cubierto de neopreno, este traje doble cubre al hombre desde sus hombros hasta por debajo de las rodillas. Una corriente continua de aire bombeada dentro del traje circula a través de un ingenioso sistema de orificios diseminados por el traje, y de esta forma mantiene al hombre fresco. Los pilotos pueden usar el traje ventilado por motivos de "espera" —cuando esperan en sus cabinas-hornos el permiso de despegue en día caluroso— o en vuelos a gran velocidad que generan gran calor en la cabina de pilotaje. Las pruebas indican que el traje mantendrá a un hombre trabajando bien indefinidamente en una cabina a temperatura 165° F.

¿Cuánto ruido?

Unos pocos años atrás un amigo del autor dejó su departamento en la ciudad de New York por el ritmo más lento de la vida del campo. Compró una pequeña granja en el norte de New Jersey, pero a las cuarenta y ocho horas estaba decidido a empaquetar sus cosas y volver a la ciudad donde había vivido toda su vida. El "ruido" del campo, decía, era terrible, particularmente el ladrido de esos perros y el "chillido" de esos pájaros que le despertaban a la madrugada cada mañana. Además, se quejaba de que la casa crujía de noche y que la bomba de agua en el sótano le despertaba continuamente. Pero después de una semana de "tranquila" vida de campo, se acostumbró a estos ruidos. Simplemente, dejó de oírlos.

Al verle otra vez, estaba asombrado de lo ruidosa que estaba la ciudad desde que se había ausentado. Había pasado una noche insomne en un hotel céntrico. El rugir nocturno de los autobuses y taxis, ensordecedoras bocinas y camiones, fueron demasiado para



La INTENSIDAD de sonido producida por el agitar de las hojas, un automóvil en marcha, una remachadora, un jet y un cañón, está indicada en el gráfico. En tanto que el agitar de las hojas puede ser agradable de escuchar, el ruido de unos 120 decibeles comienza a lastimar los oídos.

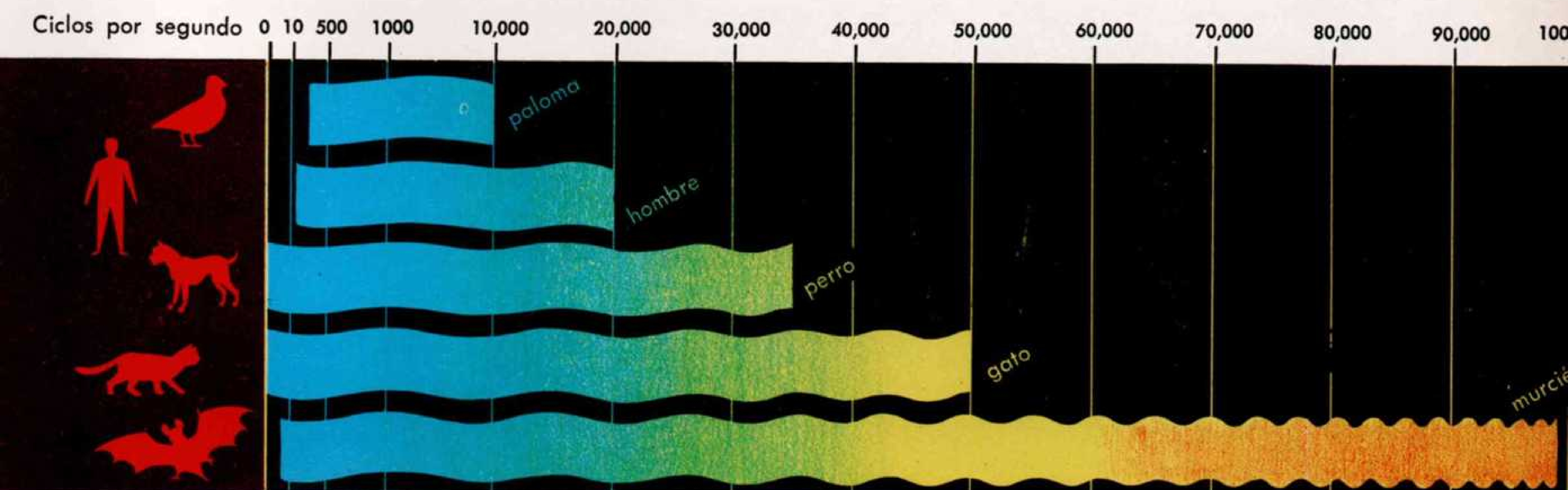
él. Insistía en que New York jamás había sido tan ruidosa cuando él vivía en ella.

Todos nosotros estamos acostumbrados a ciertos ruidos en casa, en el trabajo, o en el colegio. Y como oímos estos ruidos familiares día tras día, ni siquiera nos percatamos de ellos. Un extraño, sin embargo, se daría cuenta instantáneamente. Los psicólogos llaman a estos ruidos familiares sonidos "ambientales" o de fondo.

Si alguna vez ha visitado una ruidosa fábrica, probablemente se habrá preguntado cómo puede trabajar allí la gente. Aunque las máquinas les afectan a ellos en algunas formas, no molestan a los trabajadores tanto como le molestan a usted. La nueva era de los aviones cohete y jet nos ha traído muchos sonidos nuevos: por ejemplo, el sonido producido cuando el avión atraviesa la barrera del sonido y el rugido y ruido sordo de máquinas jet y cohete.

Aunque las tripulaciones de vuelo no escuchan el ruido que su propio avión produce al atravesar la barrera del sonido, están expuestos a una variedad de ruidos. Entre ellos están las radiocomunicaciones, los mensajes no destinados a ellos, el firme silbido del aire que pasa sobre el avión, el ruido de la planta generadora del jet o cohete, y timbres y bocinas de alerta dentro del avión.

La FRECUENCIA escuchada difiere según la creatura. Comparado con otros animales, el oído del hombre no es particularmente bueno. Los murciélagos que navegan a través del aire por "sonar", pueden oír frecuencias extremadamente altas.



Tanto los psicólogos como los fisiólogos, se ocupan de los muchos sonidos a que están expuestas las tripulaciones de vuelo. ¿Cuánto sonido se necesita simplemente para fastidiar a un hombre?, quieren saber. ¿Para cansarle? ¿Para disminuir la cantidad de trabajo que puede hacer? ¿Para afectar la exactitud de su trabajo? ¿Para dañar los tejidos de su cuerpo? El ruido puede hacer todas estas cosas.

Los científicos que estudian el sonido tienen varias formas de medirlo. Dos formas de interés para nosotros son *frecuencia* e *intensidad.* Una sirena es un ejemplo de sonido de baja frecuencia. Una bocina de automóvil es un sonido de mediana frecuencia. Y un penetrante silbato de policía es un sonido de alta frecuencia. Otra palabra para la intensidad del sonido es la altura, que se mide en decibeles. Por ejemplo, los ruidos del tráfico y de la conversación que escucha al caminar por el centro de la ciudad, son de una altura de setenta decibeles. Si usted permanece al lado de una remachadora en un trabajo de construcción, la intensidad del sonido sube a unos 120 decibeles. Aunque este ruido no daña sus oídos, no es agradable oírlo por más de unos segundos. A unos 130 decibeles, siente un cosquilleo en sus oídos. Ruidos de esta altura pueden ser levemente dolorosos. Un sonido de 140 decibeles puede producir profundo dolor. Cualquier sonido de mayor altura rompería sus membranas timpánicas.

Los médicos espaciales están hoy interesados en las clases de ruidos a que están expuestos los pilotos. Asimismo, desean saber en qué forma afectan estos ruidos la habilidad del piloto para realizar su trabajo perfectamente. Ellos saben que el ruido puede irritar al piloto; así como también puede disminuir su habilidad para concentrarse en una determinada tarea. Puede acelerar la circulación de la sangre e incrementar el consumo de oxígeno. Una exposición prolongada al ruido puede causar una pérdida temporaria o permanente de la audición. Y, por lo menos en animales, puede producir úlceras estomacales, problemas cardíacos y nerviosos. Sonidos que el piloto ni siquiera puede oír, pueden perturbarle. Alguna vez habrá visto a alguien hacer sonar un silbato para perros. El sonido que estos silbatos producen es de tan alta frecuencia que el oído humano no lo puede oír. Pero el oído altamente sensible de un perro puede oír el silbato. Los aeroplanos, en particular los jets, constantemente producen un sonido de alta frecuencia que el piloto no puede oír. Pero su cuerpo percibe las vibraciones producidas por las ondas sonoras. Prolongada exposición a estas vibraciones pueden contribuir a la fatiga del piloto durante un largo vuelo, aunque no hay evidencia de esto todavía.

El ruido también puede afectar la habilidad de una persona para juzgar qué rápido o lento pasa el tiempo. Los psicólogos del W. A. D. C. introdujeron sujetos humanos dentro de un cuarto a prueba de sonidos y pidieron que les indicaran cuándo creían que habían transcurrido diez minutos. No se les permitía consultar ninguna clase de relojes. Se desempeñaron bastante bien; la mayoría dio la señal luego de nueve minutos —sólo un minuto antes. Luego, a los sujetos de prueba se les pidió que repitieran el experimento, solo que esta vez en cuarto ruidoso. La mayoría hizo la señal al final de los siete minutos. Parecería, entonces, que el ruido nos hace sentir que el tiempo pasa lentamente.

En otro experimento, los sujetos tomaron asiento frente a una pantalla de radar en un cuarto tranquilo. Les indicaron que miraran atentamente un punto que se movía lentamente a través de la pantalla. El punto, dijo su instructor, desaparecerá antes de alcanzar una línea muy fina. Los sujetos tendrían que adivinar cuándo el punto alcanzaría la línea si el punto hubiera permanecido visible. También se les dijo: "Durante el experimento un ruido algo fuerte como el de un avión jet puede producirse y perdurar por un momento. Continúen haciendo su trabajo de imaginar el movimiento del punto sin prestar atención al ruido."

Al comienzo del experimento, cuando el punto comenzó a moverse, el cuarto estaba tranquilo. Luego, cuando el punto desapareció, se introdujo el sonido. En estos casos —de una situación tranquila a una ruidosa— los sujetos presionaron la señal demasiado pronto. No le dieron al punto el tiempo suficiente para alcanzar la línea. En este caso, la tensión causada por el sonido hizo que pareciera que el tiempo transcurría más lentamente.

Luego, el procedimiento fue invertido y sucedió algo interesante. Tan pronto como el punto comenzó a moverse, fue introducido el ruido del jet. Luego, cuando el punto desapareció, el sonido fue retirado. Los sujetos estimaban el movimiento del punto en calma. En este caso dejaron pasar *demasiado* tiempo antes de presionar el botón de señal. De manera que en la situación de ruido a calma el tiempo parece transcurrir con rapidez; pero en la situación de calma a ruido el tiempo parece transcurrir lentamente.

¿Qué significa todo ésto para las tripulaciones de vuelo de los jets actuales y de los cohetes interplanetarios del mañana? A diferencia de la máquina, el hombre no puede juzgar el transcurso del tiempo acertadamente. Las máquinas pueden efectuar este trabajo mucho mejor que la mente. En una aeronave de alta velocidad, donde los segundos y fracciones de segundo son preciosos, y donde los niveles de sonido cambian durante el vuelo, la tripulación es-

tará mucho mejor con máquinas que realicen toda tarea de medición del tiempo. A los instrumentos de medición del tiempo no les afecta que haya quietud o ruidos. Pueden ir marcando los segundos mucho más exactamente que su propio inventor.

El ruido de la era del cohete y del jet es diferente del que hacían los aviones tripulados a propulsión. En los bombarderos de la Segunda Guerra Mundial, ruidosos como eran, la tripulación de vuelo podía gritar y ser oída junto al rugido de la máquina. Esto era posible porque la frecuencia de la voz humana es mayor que la frecuencia de las máquinas a propulsión. Pero la frecuencia de los sonidos de la máquina jet o cohete es casi la misma que la de la voz humana. Esto dificulta el problema de la audición en los bombarderos jet más que en los bombarderos a propulsión.

Las tripulaciones de vuelo de nuestros días usan cascos con la región auditiva cuidadosamente almohadillada. Y en algunos casos usan orejeras anti-sonido. Estos recursos reducen la alta frecuencia de los sonidos sibilantes de los jets de cinco a cincuenta decibeles.

En tanto que demasiado ruido molesta a los pilotos de jet y cohete de nuestros días, ocurre justo lo contrario en el vuelo interplanetario. En el espacio hay una quietud mortal. Las ondas del sonido no pueden viajar a través del vacío del espacio. Aun más, en el espacio no hay nada que produzca ruido. Al seguir el cohete su ruta de vuelo no habrá ruido de máquina. Sólo el movimiento ocasional de los instrumentos y las voces de la tripulación producirán sonidos. La terrible quietud de los viajes interplanetarios puede ser tan peligrosa para el bienestar psicológico del hombre como el exceso de ruido. Las tripulaciones espaciales pueden considerar necesario llevar grabaciones de música, ladridos de perros, agitación de hojas por el viento, y otros sonidos ambientales a los que estamos expuestos en nuestra vida moderna.

Dice el Dr. Hubertus Strughold, principal científico de la división médica aeroespacial de la Fuerza Aérea, Brooks, Air Force Base, Texas: "En cuartos sin sonidos, llamados cámaras de silencio, en las que la Fuerza Aérea pone a prueba la habilidad individual para soportar el silencio, un ser humano puede permanecer solo un corto tiempo en soledad. Privado de los alentadores ruidos a que estaba habituado, comienza a dudar de su propia existencia. En el espacio nos encontraremos con una situación muy similar. En el cuarto más tranquilo, en la quietud de la noche oímos el leve rumor del tráfico, el lejano eco de voces humanas, el mudo llamar de los pájaros, el zumbido de los insectos, el murmullo del viento. En el espacio no hay vestigios de sonido fuera de la silenciosa celdilla del cohete que los hombres habitarán."

Encierro

No hace mucho tiempo los científicos de la W. A. D. C., encerraron un sujeto de prueba humano en la cabina de pilotaje de un jet F-84 (que no dejó la tierra), y le mantuvieron allí por cincuenta y seis horas. En las primeras diecinueve horas el hombre leyó los instrumentos del avión y operó con controles falsos por quince minutos cada hora. En el tiempo restante podía hacer las siestas que deseara. En las próximas diecinueve horas el piloto debía operar el equipo de prueba continuamente. No tenía oportunidad para dormir. En el período final trabajó otra vez sólo quince minutos cada hora y pudo dormir. En ambos períodos de tiempo, el primero y el último, le daban tres pruebas de emergencia de diez minutos cada una. Durante esas pruebas debía trabajar con plena eficiencia.

En otra prueba, cinco hombres fueron encerrados dentro de un compartimiento tipo bombardero del tamaño de un automóvil normal, y estuvieron allí por casi una semana (120 horas). "Pilotearon" el avión en condiciones normales y de emergencia. Comieron, durmieron, y trabajaron en ese pequeño espacio. Cuando no estaban en servicio, descansaban en un espacio de esparcimiento y escuchaban música. En ningún momento durante el experimento pudieron ver nada fuera de su compartimiento.

El propósito de estas pruebas de encierro ha sido averiguar cómo un hombre, o un grupo de hombres, puede trabajar bajo tensión por largos períodos de tiempo. Satélites y cohetes interplanetarios tripulados impondrán estas condiciones a las tripulaciones de vuelo. Separado de los ruidos, vistas y olores familiares, y encerrados en un pequeño espacio, el hombre en el espacio puede actuar en forma muy diferente que en la tierra. El problema, entonces, es cómo preparar al hombre para su aventura en el espacio.

Para averiguar lo que le sucede a la mente humana cuando no tiene trabajo que realizar y muy pocos elementos para estimularla, los científicos de la McGill University pusieron hombre (uno por vez), dentro de un pequeño cuarto por cuarenta y ocho horas. Con nada o poquísimo que oír, oler, ver o tocar, y con nada de trabajo para realizar, los hombres se volvían irritables y eventualmente se les hacía difícil pensar. Completamente separados del mundo exterior, comenzaban a ver cosas. Uno de los hombres vio "... una procesión de ardillas con bolsas a sus espaldas marchando laboriosamente a través de un campo de nieve". Otro hombre vio una pequeña nave espacial disparando bolitas que golpeaban sus brazos. Eran tan vívidas estas imágenes que le dificultaban el

sueño. Antes del experimento los científicos pensaban que el cerebro, al no tener nada que hacer, se sumiría en un letargo similar al estado de coma.

Una lección de este experimento, es que las tripulaciones de vuelo que viajen a través del espacio, tendrían que tener trabajo a realizar y un interesante ambiente sensitivo —una variedad de ruidos, vistas y olores.

Yendo al otro extremo, otro grupo de científicos pidió a sus sujetos de prueba la realización de trabajo excesivamente pesado en la cabina de un aeroplano durante treinta horas sin dormir. Se les exigió la lectura de un panel instrumental y la operación de controles falsos. A la hora del almuerzo, cada hombre tenía veinte minutos para almorzar. Luego de doce a quince horas, cada hombre comenzó a "ver cosas". Uno dijo que "el panel instrumental se derretía y goteaba en el piso". Otro informó que varias veces "el indicador de giro y desviación mostraba un hipopótamo que me sonreía". Y otro de los hombres dijo que no podía leer su indicador de velocidad del aire sin quitar de él los hombrecillos que se hamacaban en la aguja indicadora.

En este caso, se les dio un trabajo extenuante y se les indicó que lo hicieran tan bien como pudieran. Para no cometer errores, cada hombre tenía que concentrarse vigorosamente en sus instrumentos. Al hacer esto se privaba de los sonidos y vistas confortantes y familiares a solo unos pocos pies fuera del cuarto. También, su trabajo era monótono. El tener que hacer lo mismo una y otra vez tanto tiempo les irritaba.

Dice G. T. Haughty, anteriormente de la antigua escuela médica de aviación de la Fuerza Aérea, del experimento: "En viajes espaciales los hombres serán privados de la mayoría de su experiencia sensorial normal. De igual forma, el trabajo del hombre en una nave espacial puede ser monótono. Si estos inconvenientes no son solucionados, el hombre puede convertirse en el vínculo más débil del sistema hombre-máquina."

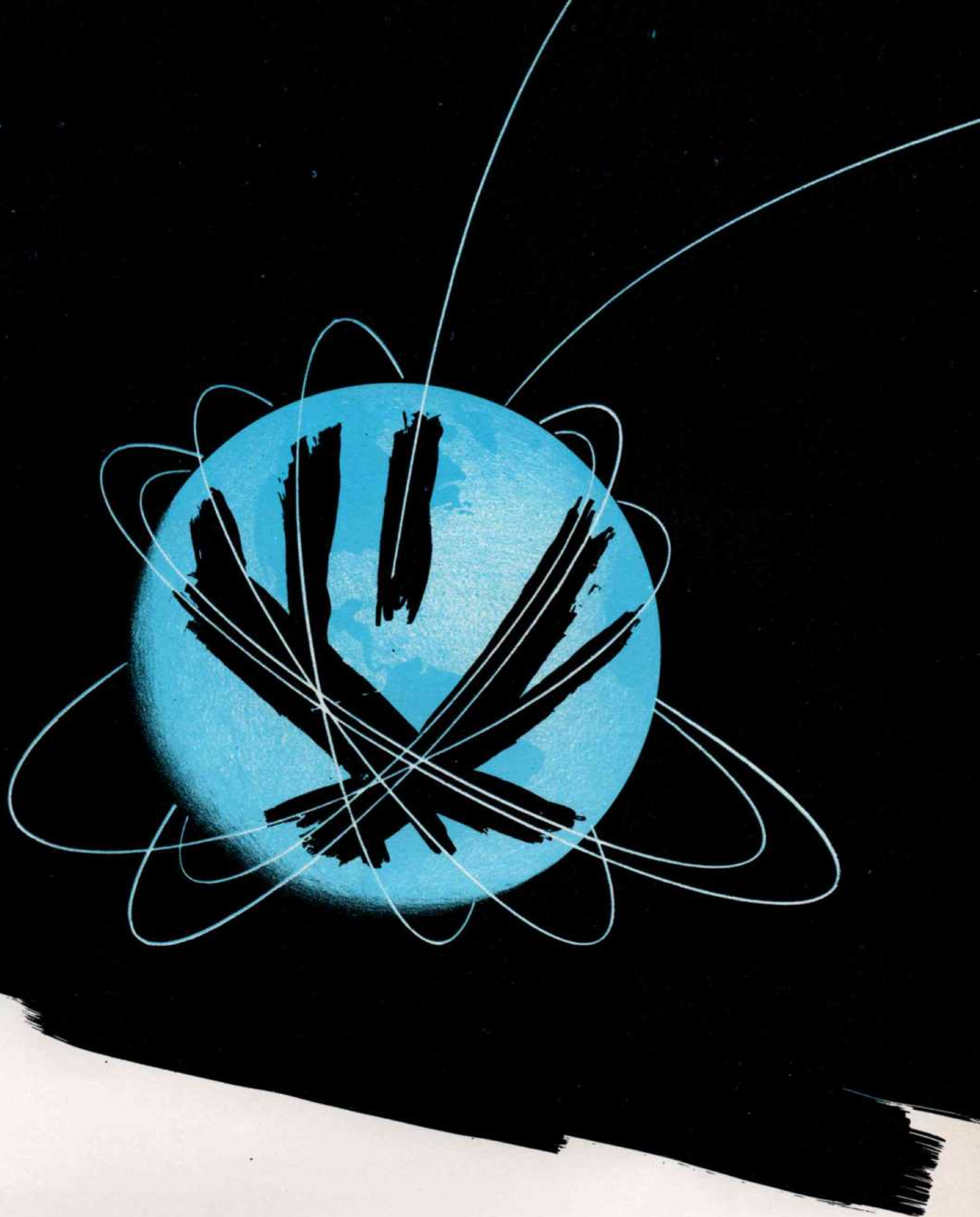
Algunas personas pueden considerar las "cámaras de tortura humanas" como un deporte cruel. Pero ¿qué otra forma hay de averiguar a qué límites puede ser llevado un hombre? El ingeniero que construye un puente debe saber precisamente cuánto peso puede soportar, y cuánto se le exige que soporte. Antes que los ingenieros de aviación puedan diseñar un cohete tripulado, deben conocer las limitaciones de los hombres que lo operarán. La máquina siempre puede ser re-diseñada, pero no así el hombre. Tiene exactamente tantos huesos y músculos y puede soportar exactamente tantas libras de peso, o fuerzas *g*. Puede ser llevado hasta tal punto sin dormir, sin alimentos, o sin descanso, antes de perder el sen-

tido. Puede pensar y reaccionar exactamente con tal rapidez, tolerar exactamente tanto ruido y calor antes de desmayarse. Désele demasiado trabajo en demasiado poco tiempo y se desenvolverá pobremente. Désele demasiado poco que hacer en demasiado tiempo y también se desenvolverá con escasa eficiencia. Sepáresele de los sonidos y olores familiares, y otros estímulos a los que está acostumbrado, y se hundirá en un mundo de fantasía. Es una simple cuestión determinar las aptitudes y limitaciones de una máquina. El hombre es mucho más complejo, mucho menos predecible. Como la era aérea lleva al hombre a mayores extremos, hay necesidad de saber más y más sobre él. Por esta razón, las cámaras de tortura humanas son tan necesarias como los túneles de viento, cámaras frías y otros recursos que prueban las aleaciones y los lubricantes.

Así como hemos examinado al hombre en este capítulo, en el próximo nos ocuparemos de la máquina. Esta, también, puede ser llevada hasta un punto dado antes de desempeñarse pobremente o no hacerlo. ¿Por qué la máquina jet es inefectiva pasando los 55.000 pies? ¿Qué es la "barrera" del calor? ¿Qué causa el estallido de trueno cuando un jet llega a velocidades supersónicas? Las respuestas a estas y otras preguntas nos dirán más sobre la llegada del hombre al espacio.







Velocidad, velocidad, velocidad

El gran ruido

El 14 de octubre de 1947, el teniente coronel de la Fuerza Aérea, Charles E. Yeager, fue el primer hombre que atravesó la "barrera del sonido". A una altura de 42.000 pies en el avión cohete Bell X-1, había conectado el tercer tubo de cohete. Esto dio a la punteaguda aeronave una explosión adicional de velocidad. La aguja machmétrica vibraba a Mach .98 —noventa y

ocho por ciento la velocidad del sonido. Pero algo retenía al avión, impidiéndole llegar a aquélla velocidad adicional del dos por ciento. El algo era una pared de aire altamente comprimido que el X-1 empujaba delante de él —la llamada 'barrera del sonido". Fuertes choques de ondas en el aire pasaban sobre la superficie del avión golpeando y sacudiendo al X-1 violentamente. Sujeto a su asiento, Yeager luchaba con la palanca de comando y para mantener su avión bajo control. Tan violentamente vibraba el avión que sus dientes castañeaban. ¿Cuánto más podía ser castigado el X-1 antes de caer?, se preguntaba. Anteriormente, los científicos habían pensado que ningún piloto sería capaz de volar tan rápido como el sonido. Los fuertes choques de ondas, decían, desgarrarían un avión en pedazos. Una manera de averiguarlo, Yeager pensó, era darle más fuerza conectando el cuarto tubo de cohete. Luego, sucedió. La aguja machmétrica saltó salvajemente y el golpeteo de pesadilla cesó. Otra vez, los controles se movieron fácil y suavemente, había una imponente quietud en la cabina de control del X-1. En aquel instante Charles Yeager se convirtió en el primer hombre que volaba más rápido que el sonido. Había pasado a través de la pared de aire comprimido para probar que era una "barrera" de nombre solamente.

La mayoría de los aviones jet y cohete de nuestros días se deslizan a través de la pared del sonido con una levísima vibración. Entre estas naves supersónicas se encuentran los F-4C, los F-102, F-104, F-105, F-106, B-58, RS-70, y otras. Son tan poderosas las máquinas jet de algunos de los aviones de nuestros días que pueden pasar Mach 2 en una subida casi vertical.

Unos pocos años después del histórico vuelo de Yeager, otros aviadores comenzaron a atravesar la barrera del sonido. Al hacerlo, misteriosos truenos comenzaban a salir del limpio cielo. Científicos, militares y civiles, confundidos por igual, eran incapaces de explicar lo que causaba el ruido. No se le había ocurrido a ninguno relacionar el trueno con los aviones volando más rápido que el sonido. Luego, en 1950, un despierto operador de radar de la Fuerza Aérea asoció uno de los profundos estruendos con la picada supersónica de un jet Sabre. Hoy sabemos que cuanto más bajo y rápido vuela un avión a velocidades supersónicas, mayor es el estruendo que crea.

En 1953, durante una exhibición aérea cerca de Palmdale, California, un Super Sabre extremeció a los espectadores con una explosión de truenos supersónicos que ninguno esperaba. Al rugir sobre el campo a 1.000 pies, su estruendo astilló docenas de vidrios de ventanas, destrozó marcos, estrelló puertas y rajó paredes. Por lo menos, las noticias populares del suceso nos hacen creer que el

daño fue tan importante. De todas maneras, al poco tiempo de este incidente, la Fuerza Aérea impuso estrictas reglas a los pilotos: No romper la barrera del sonido debajo de los 10.000 pies sobre áreas habitadas. Aunque los estruendos de sonidos pueden producir un ruido diez veces más fuerte que el de un trueno, de acuerdo con los científicos de la Fuerza Aérea, no pueden rajar yeso, ni astillar marcos de ventanas o puertas.

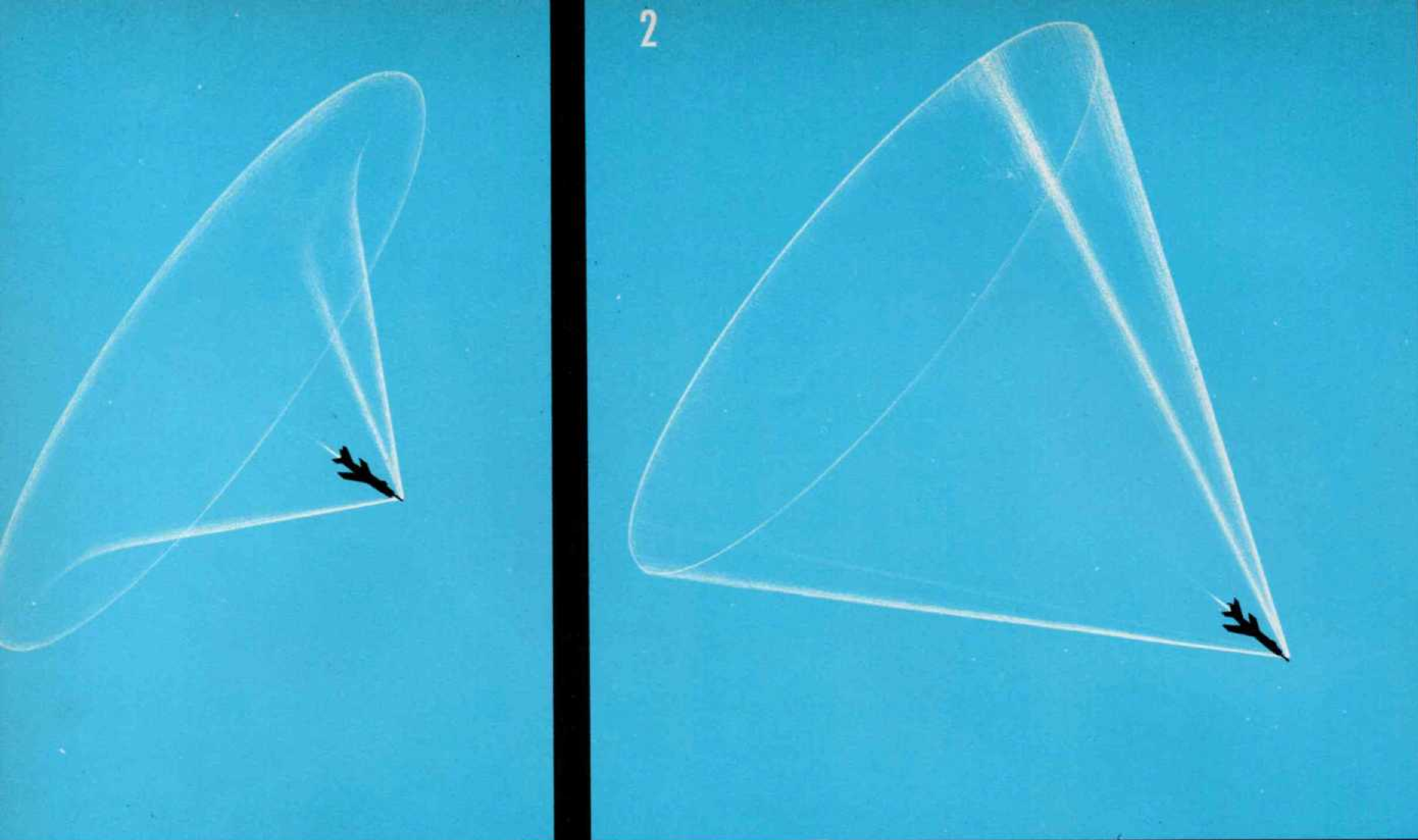
El estruendo mayor que registra la Fuerza Aérea fue uno establecido por un avión que volaba a 280 pies sobre el pico de una montaña. Creó una presión de 33 libras por pie cuadrado. De acuerdo con los ingenieros de la Fuerza Aérea, "se requiere una corriente de presión libre del orden de 150 a 300 libras por pie cuadrado para causar daños que varían desde las rajaduras de yeso a las de techo y paredes".

Los científicos de hoy entienden cómo opera el estruendo. Al volar el avión, empuja ondas de aire junto con él. Estas ondas están formadas por las superficies de nariz, alas, techo de cabina y cola. A la velocidad del sonido, las ondas son dobladas hacia atrás con la forma de un plato volador, y como dice el físico, se convierten en "ondas shock". Al aumentar la velocidad del avión, las ondas shock cambian su forma de plato. Son dobladas hacia atrás fuertemente con la forma de un cono. Pero si el aeroplano repentinamente disminuye la velocidad a subsónica, las ondas shock en forma de cono disminuyen la velocidad junto con el avión. Sólo van más lentas a la velocidad del sonido y continúan moviéndose hacia adelante a esta velocidad, tomando la forma de plato plano otra vez.

Si un avión en rápida picada dirige la punta del cono de su onda shock hacia usted, usted oye un fuerte *estampido* de trueno cuando el extremo del cono le toca. Si el avión volara a una misma altura, usted oiría un rumor más débil, ya que las ondas shock más débiles del borde del cono golpearían sus oídos.

Cuanto más lejos tiene que viajar una onda shock, más se extiende y más se debilita. Dándose cuenta de esto, la mayoría de los pilotos salen de picadas supersónicas por encima de los 20.000 pies. Esto da a la onda shock una distancia de cuatro millas, en las cuales se debilita. ¡De manera que en cuanto golpea la tierra se oye un rumor suave, no como un fuerte *estallido* destrozaventanas!

Corrientes de aire, temperatura, partículas de polvo en el aire, y otras condiciones atmosféricas, determinan la fuerza y movimiento de las ondas shock. Algunos pilotos han informado que veían sus propias ondas shock danzando en las puntas de las alas del avión. Esto sucede cuando la luz les da desde un cierto án-



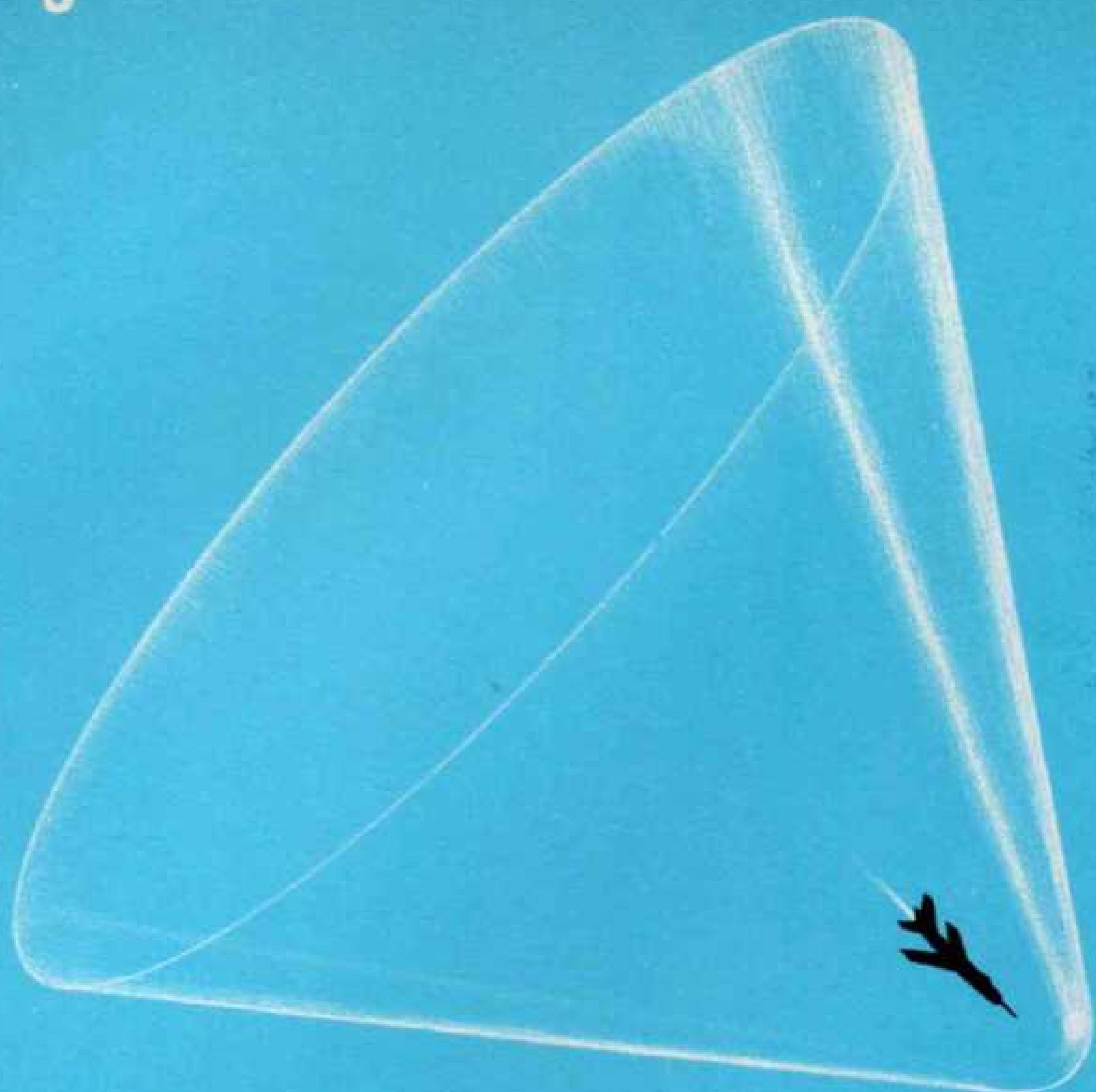
Los aeroplanos producen estruendo cuando vuelan a la velocidad del sonido a poca altura. Cuando la onda shock golpee el suelo, se escuchará un fuerte estampido. Donde la onda shock es más fuerte (cerca de la punta del cono) el estampido será más fuerte. En 1 y 2 la onda shock es producida al ir el avión a velocidad supersónica. En 3 y 4 el aeroplano disminuye la velocidad, pero la onda shock continúa, tomando la forma de un plato primero, desapareciendo luego.

gulo. Otros pilotos informaron sobre una misteriosa "pepita de niebla" que viajaba junto con ellos en un cielo libre de nubes. No podían librarse de ella no importan a qué lado virasen, subieran o cayeran. La misteriosa niebla continuaba siguiéndoles. Este raro suceso tiene lugar cuando el contenido húmedo y la temperatura del aire son tales que las ondas shock causan condensación, o forman nubes.

Hoy, el estruendo proveniente del cielo limpio es un constante recuerdo de nuestra era aérea. Es un ruidoso símbolo de las velocidades siempre en aumento que extienden la llegada del hombre al espacio.

El gran calor

"Las aeronaves del mañana, inflamadas de un rojo brillante al correr a través del cielo a ocho veces la velocidad del sonido, irradiarán suficiente calor como para caldear quince manzanas de una ciudad." Esta afirmación, hecha por Maury Sulkin, de la North American Aviation Incorporated, pone en foco un problema



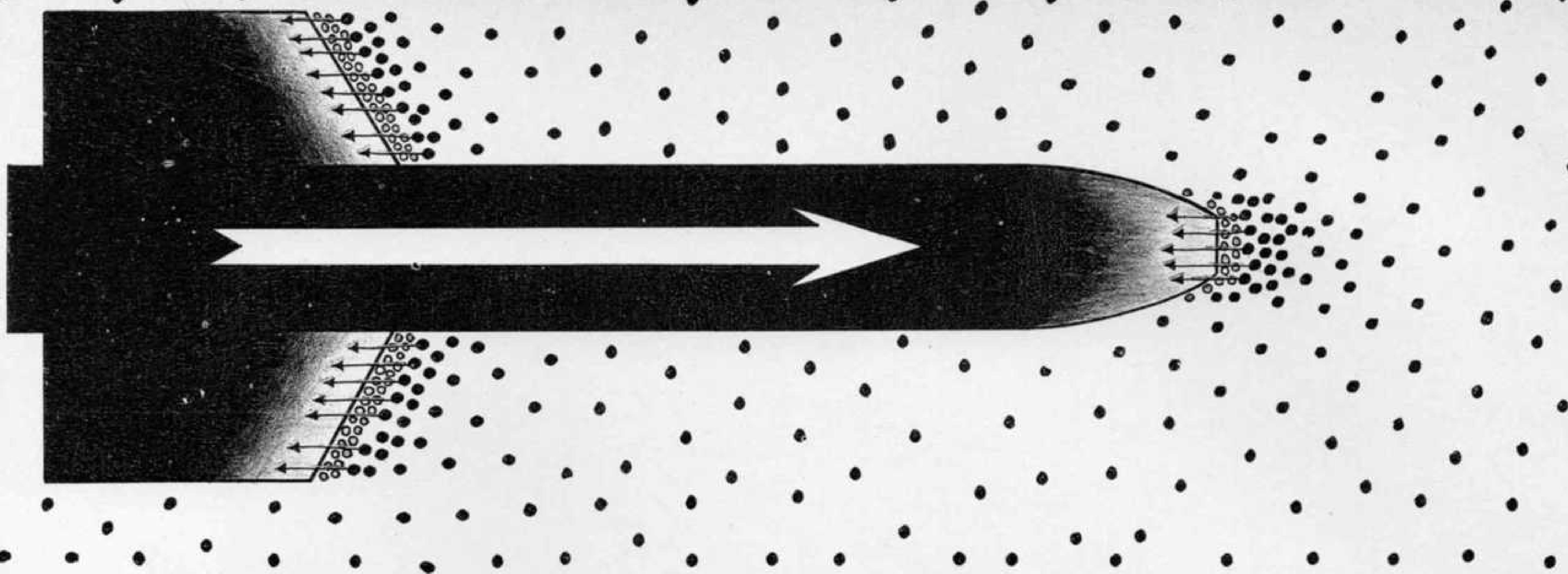


con el que los ingenieros lucharán por varios de los años venideros —el calor resultante del vuelo a grandes velocidades. El simple hecho es que cuanto más rápido un aeroplano rasga la atmósfera, más se calienta. En estos momentos tenemos máquinas jet y cohete capaces de llevar un avión tan rápido que su cubierta metálica se derretiría. El problema, entonces, es dotar al avión de una superficie capaz de resistir las altas temperaturas, o encontrar una forma satisfactoria para enfriar el avión.

Un antiguo ingeniero de la North American Aviation, Ray Rice, ha dicho: "A las velocidades consideradas para el futuro inmediato, el resistente aluminio se ablandará y perderá mucho de su fuerza. Los techos de cabinas hechos con modernos plásticos se ablandarían como masilla y saldrían de sus bases. Los equipos de radar pueden dar un mensaje equivocado al piloto que escudriña la pantalla. Otro equipo electrónico puede deformar mensajes vitales o no transmitir ninguno. Y el piloto hervirá a fuego lento como un estofado sin refrigeración."

En el lenguaje de la Fuerza Aérea, el intenso calor generado por la alta velocidad es llamado "condensador térmico".

¿Por qué se calienta el aeroplano? Al deslizarse a través de la atmósfera el avión jet o cohete, el aire que lo rodea se calienta en dos formas. Primero, la parte delantera del avión y los bordes principales de las alas empujan pequeñas paredes de aire delante de ellos durante el vuelo. Como las moléculas de aire en el cami-

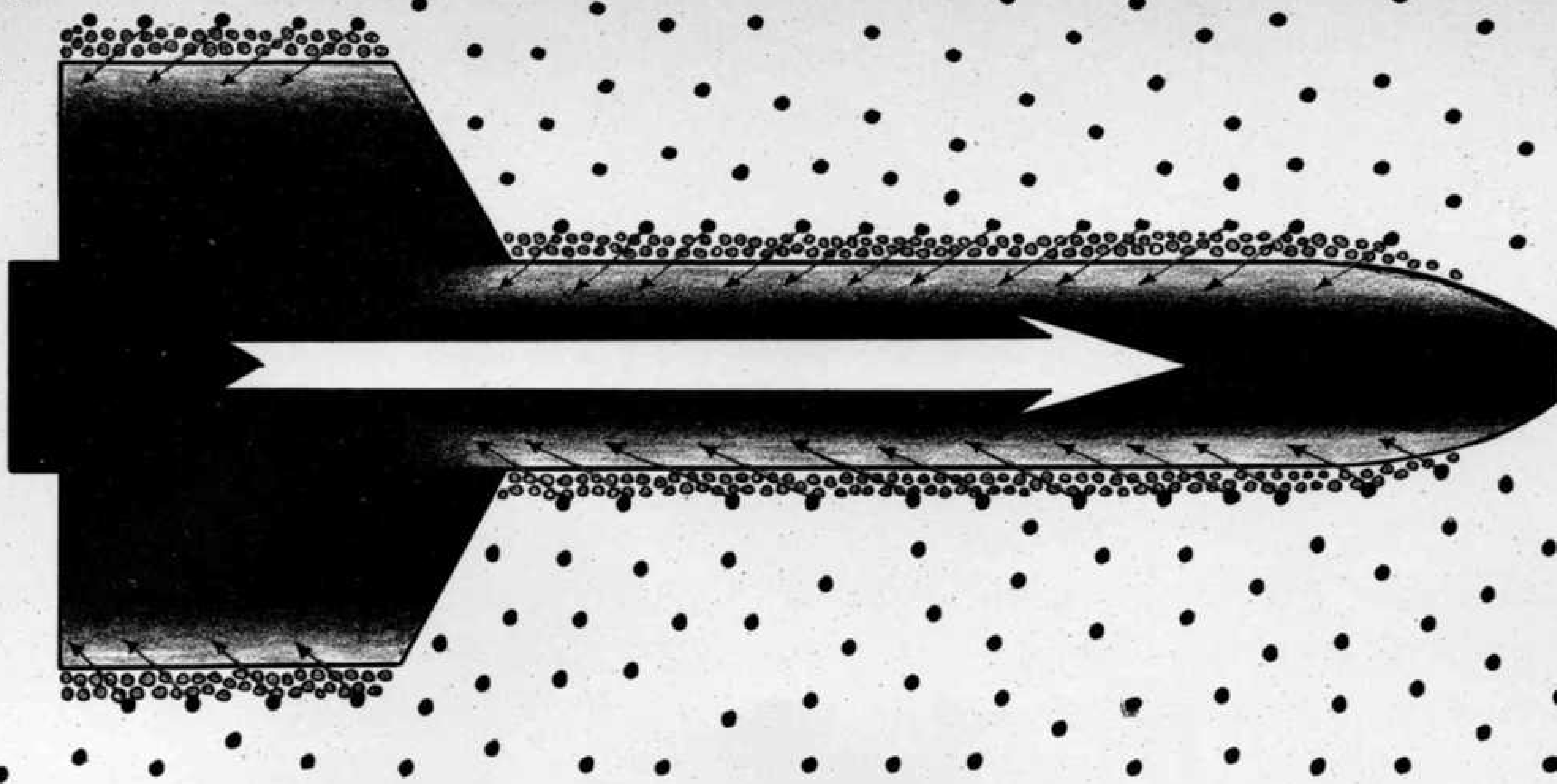


Las moléculas libres de aire golpeando la parte anterior y bordes principales de las superficies de las alas de un avión hacen que las superficies metálicas se caldeen. Las moléculas comprimidas contra las agudas superficies producen calor.

no del veloz avión se estrellan contra estas paredes, las moléculas sufren una rápida detención. El calor generado por este aire comprimido, y transferido a la superficie del avión por convección, es llamado temperatura de "estagnación". Este es el productor de calor más problemático del avión. Según Fritz Haber, anteriormente de la Air Force School of Aviation Medicine, en Mach 1, en aire a 0° F., la nariz y bordes principales de las alas del avión se calentarían a 95° F. En Mach 2, la temperatura de estagnación se elevaría a unos 380° F.

La segunda forma en que un avión se calienta es por calor friccional. Adherida a la superficie total del avión se encuentra una pequeña capa de aire que se mueve junto con el avión. Imagínese esta capa de aire como la delgada película de agua adherida al techo de un veloz automóvil durante una fuerte tormenta de lluvia. La gran masa de aire sobre el avión al frotar la película de aire en reposo, produce fricción. Y donde hay fricción hay calor. Esta zona de calor friccional es llamada "capa límite" de aire. El calor generado en la capa límite es un ochenta por ciento la temperatura de estagnación. Entonces, la nariz, cola y bordes principales de las alas del aeroplano, necesitan más protección del calor aerodinámico que otras superficies del aeroplano.

Un avión volando a 1.000 pies sobre el nivel del mar se calentará más por el calor friccional que un avión que vuela a la misma velocidad a gran altura. La razón: de acuerdo con los científicos de la Universidad de California, el avión que vuela a gran altura puede radiar más calor en el aire porque hay menos moléculas a alturas cada vez mayores. A unas cuarenta a cincuenta millas, la capa límite que cubre un aeroplano se "desfleca" o se hace menos densa por la levedad del aire. Esto posibilita a la su-



El calor también es producido por la fricción del aire contra el aire. Esto sucede cuando las moléculas libres de aire golpean la película de aire adherida a la superficie del avión. Esta película es conocida como la "capa límite" de aire.

perficie del avión la radiación del calor al espacio más rápidamente —con relación al grado de caldeamiento—, que lo que puede a altitudes menores. De aquí en adelante el problema de caldeamiento a grandes alturas es menos grave. Pasando las noventa millas hay tan pocas moléculas de aire que la capa límite no puede siquiera formarse. A esta altura, o mayor, la superficie del avión está caldeada por el bombardeo individual de moléculas directamente contra el metal.

Consideremos por un momento una aeronave con alas hundiéndose en la densa atmósfera desde gran altura y veremos cómo se caldea. Luego de circundar la tierra por un día en su satélite artificial, el piloto de la aeronave decide aterrizar. Hasta que decidió bajar no dependió de sus alas para "elevarse". La velocidad orbital de la nave era lo suficientemente rápida como para suprimir la atracción gravitacional de la tierra. Pero tan pronto como disminuye la velocidad, la gravedad entra en acción y atrae su nave hacia la tierra. A unos 300.000 pies, las alas de la aeronave comienzan a afirmarse en el aire tenue, de manera que el piloto puede hacer planear el avión. Cuanto más desciende en el aire cada vez más denso, más control tiene sobre su aeroplano. La razón es que las alas tienen más y más aire en qué afirmarse. Al hundir en el aire denso las partes anteriores, las posteriores y principales bordes de las alas comienzan a tomar un color rosado, luego rojo, luego blanco con el calor. La temperatura máxima que el avión alcanzará es de unos 2.000° F. Pero hacia la cola, donde se encuentra el piloto, la temperatura sólo llega a unos 1.200° F. Su cabina y ropas de aire acondicionado evitan que se recaliente. A una altura de 230.000 pies, el avión planea a Mach 20. En el momento en que ha descendido a 160.000 pies, se ha reducido a

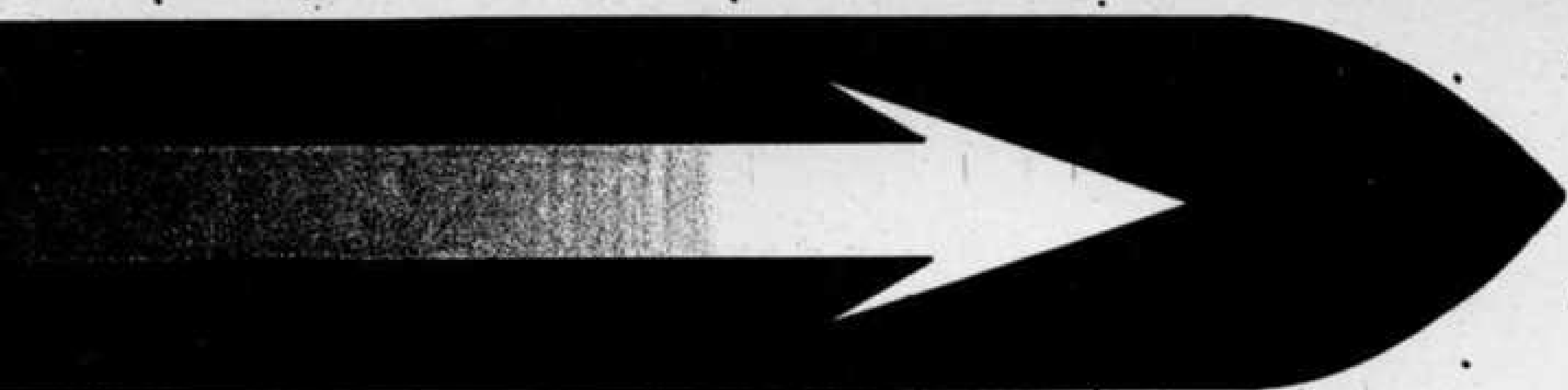
Mach 10. Y a 100.000 pies, su velocidad es alrededor de Mach 1. Finalmente, el piloto disminuye la velocidad a 100 millas por hora, su velocidad de aterrizaje. Tiempo total del planeamiento desde 300.000 pies hasta el aterrizaje: unas dos horas.

Según un ingeniero de la W. A. D. C., la velocidad que la Fuerza Aérea quiere introducir en sus nuevos aeroplanos, crearía más calor que el que las aleaciones modernas pueden resistir. Los metalúrgicos aun no pueden dotar al avión de una superficie metálica que no se debilite o derrita con las altas velocidades de un futuro inmediato. En estos momentos los aviones cohete de investigación tripulados, vuelan a velocidades capaces de producir temperaturas periféricas de por lo menos 1.000° F.

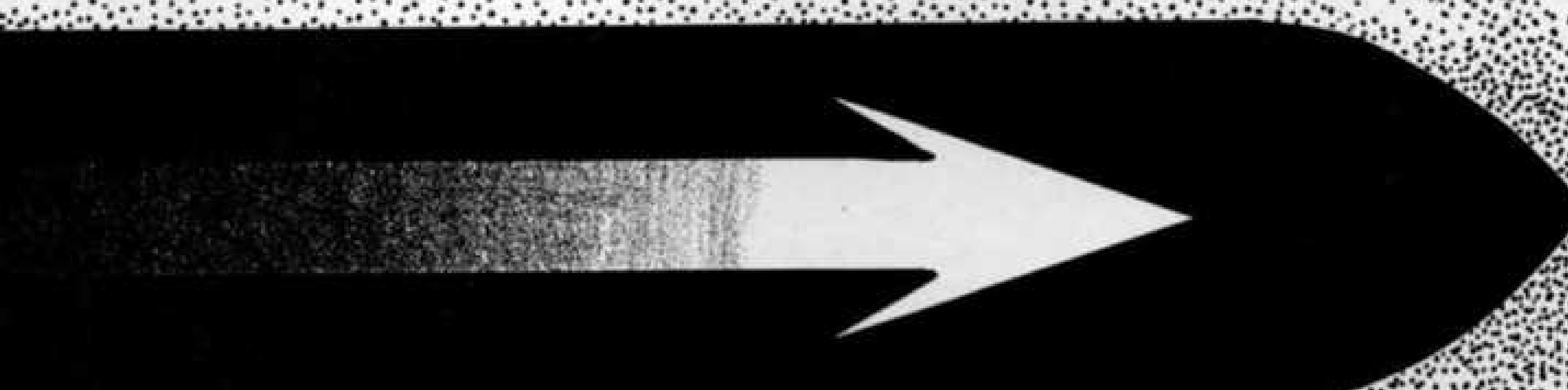
¿Qué hay de los sistemas de refrigeración? podría usted preguntar. ¿No podrían mantener el avión fresco unidades de refrigeración? Algunos aviones tienen pequeñas perforaciones dentro de las alas. Se hace circular agua a través de ellos y se evapora. Esto mantiene la superficie metálica del avión fresca, de la misma manera que nosotros mantenemos nuestra piel fresca por transpiración. Pero por cada libra de sistema refrigerador que se añade al avión, deben añadirse otras diez libras de combustible y un refuerzo en el sistema de aterrizaje para mantener al avión en vuelo. ¡En proyectiles, la relación es de una a treinta! Abreviando, los sistemas de refrigeración suman demasiado peso al avión.

Si los sistemas de refrigeración no son la respuesta al condensador térmico, entonces ¿cuál es? Los metalúrgicos están tratando de encontrar nuevas aleaciones, o mezclas de metales que puedan resistir el terrible calor y otros problemas que los aviones y naves espaciales del mañana encontrarán. Por muchos años el aluminio ha sido el metal favorito del diseñador aeronáutico, por su poco peso y su resistencia. Pero el calor producido por altas velocidades cambió el panorama. Por ejemplo, un vuelo sostenido a 1.650 millas por hora calentaría la superficie del avión a unos 400° F. Las aleaciones corrientes de aluminio pierden su fuerza a esta temperatura y más baja aún. El problema, entonces, es encontrar aleaciones que resistan más efectivamente al calor. Las aleaciones de magnesio son en cierta forma mejores que las de aluminio, pero no son lo suficientemente buenas. Los ingenieros están considerando aleaciones de titanio y aceros puros que retienen su fuerza en temperaturas del orden de los 300° F. a los 800° F.

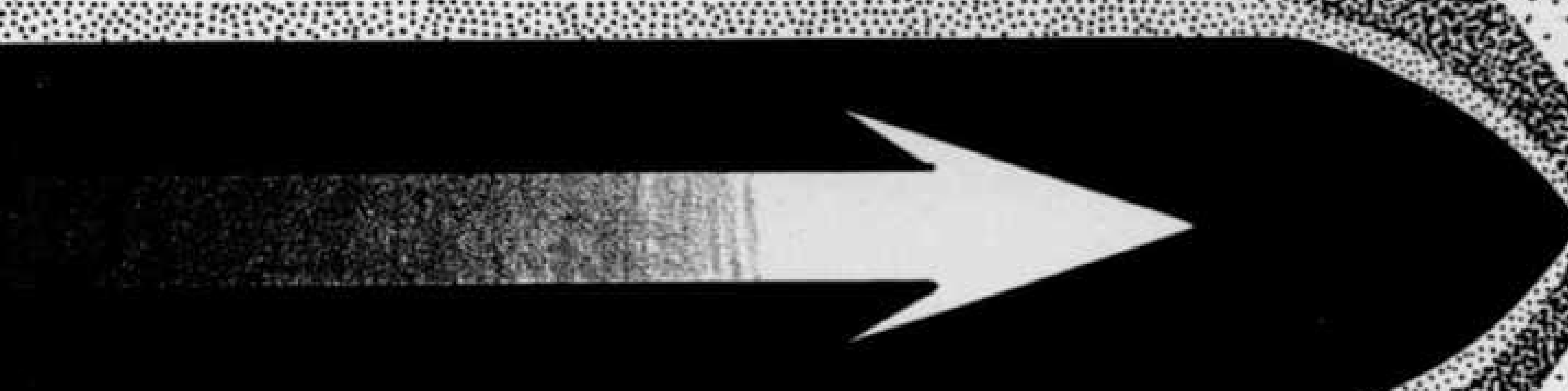
Las ventanillas y marcos de un aeroplano también presentan un problema con respecto al calor. Los techos de cabina de plástico y vidrio que se usan ahora, se ablandan a unos 250° F., sílice fundida, resulta buena a unos 1.700° F., y puede ser el material de las ventanillas del vuelo futuro.



3. Pasando unas 90 millas el aire se hace tan leve que no se puede formar una capa de aire. La aeronave se "calienta" por el bombardeo de moléculas individuales.



2. A unas 50 millas sobre la tierra la capa de aire se vuelve "desdibujada", de manera que el calor por fricción se convierte en un problema menor que a baja altura.



1. En atmósfera baja y densa, un cuerpo que se mueve a gran velocidad lleva una capa de aire sobre su superficie. También empuja una aguda onda shock a través del aire delante de él.

Las cerámicas son el material resistente al calor más promisorio que hay en vista. Son resistentes en el orden de 2.000° a 3.000° F. de temperatura. La mayor resistencia al uso de cerámicas en el pasado ha sido su fragilidad. Déjelas caer y se hacen pedazos. Sin embargo, los científicos de la Universidad de California han producido materiales cerámicos que pueden ser doblados con la mano y no son dañados por temperaturas de marcada elevación como 3.000° F.

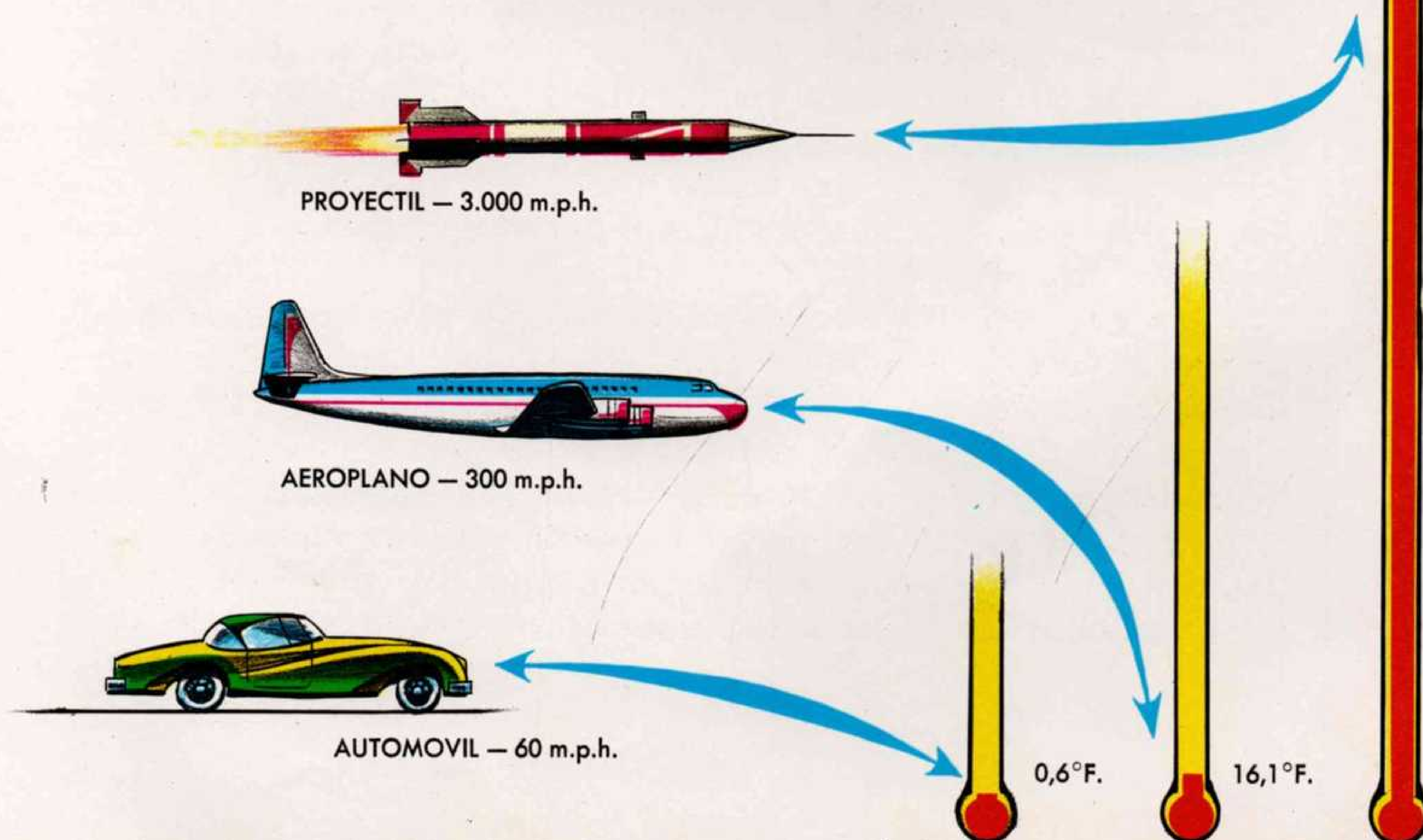
Las altas velocidades que producen gran calor constantemente alteran la forma y los materiales de los aviones. La misión del avión determina también los materiales que lo compondrán. Por ejemplo, un avión de combate que depende de grandes explosiones de velocidad por cortos períodos de tiempo, no necesitará los materiales resistentes al calor de un proyectil girando alrededor de la tierra, que permanecerá caliente por treinta minutos o más. También, aquellas áreas del avión que son las que más se calientan,

necesitan mayor protección. Los aviones del futuro pueden tener superficies de puro acero (como el X-2 y el X-15), con la parte anterior y principales bordes de las alas hecho de un metal refractario con cubierta de cerámica, o alguna otra combinación por el estilo.

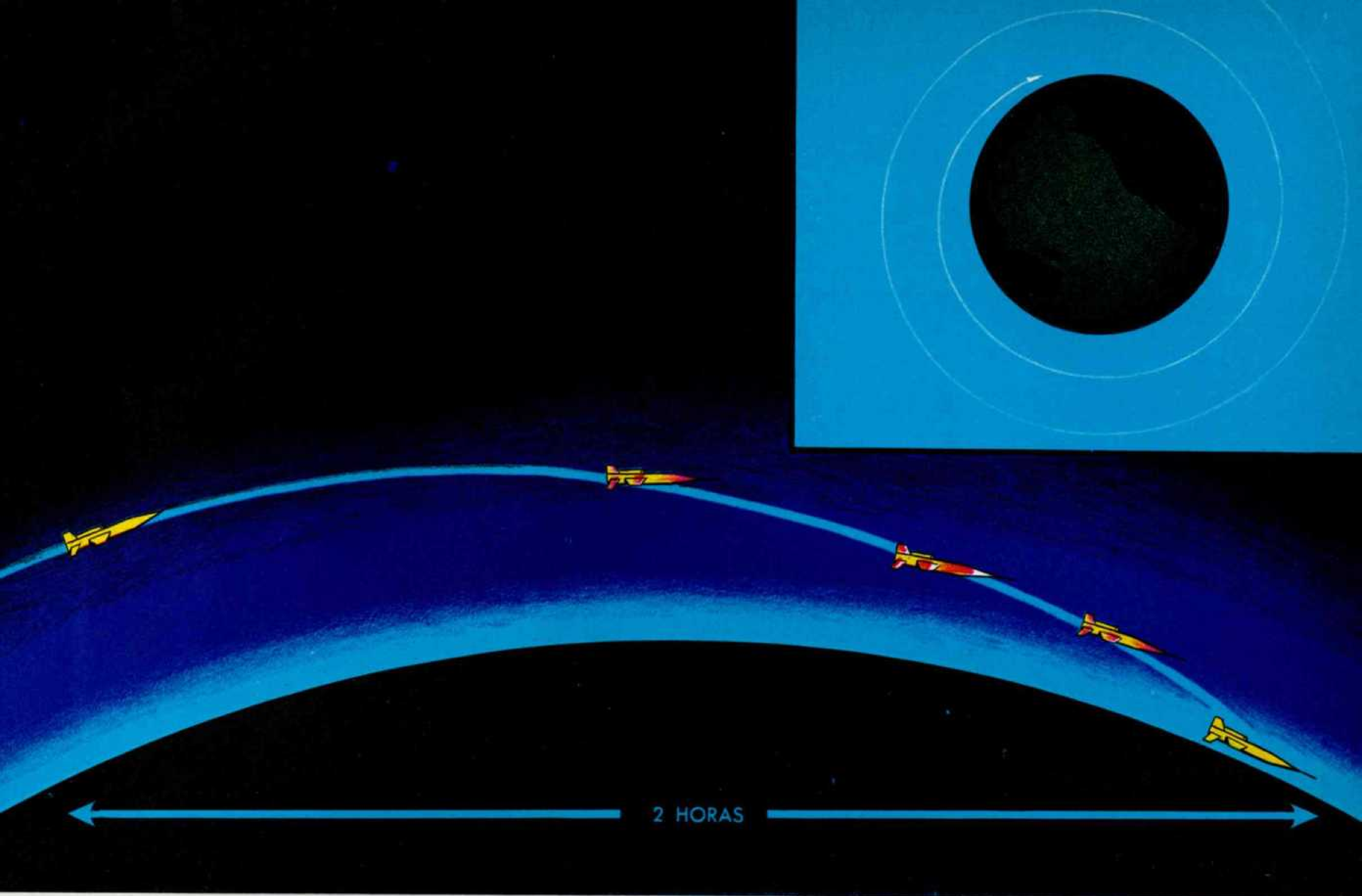
Las grandes velocidades y el calor de los aviones de hoy están dando a los ingenieros otro dolor de cabeza —fatiga metálica. El calor, las fuerzas *g*, y otros problemas del vuelo supersónico demandan cada vez materiales más resistentes. En el W. A. D. C., hay "cámaras de tortura" de materiales en las que los ingenieros calientan, enfrían, golpean, estiran, hacen vibrar y tuercen metales para averiguar hasta qué punto pueden ser llevados antes de perder su fuerza. Los materiales deben resistir pruebas de corto tiempo (desde unos pocos segundos a treinta minutos) y largo tiempo (de 500 horas a 1.000 horas). Los metales en constante prueba "serpentean" —se estiran o contraen levemente. Para decidir cuándo un avión está listo para el cementerio, los ingenieros deben saber cuándo el serpenteo ha debilitado tanto su superficie que el avión debe ser convertido en chatarra.

Dijo un ingeniero de la W. A. D. C.: "A causa de la fatiga metálica estamos otra vez encolando aviones. Los remaches se tuercen hacia adelante o hacia atrás levemente durante el vuelo. Luego de tanto doblarse se quiebran, como un trozo de alambre doblado hacia un lado y otro con la mano. Con cola se pueden ligar grandes superficies. El B-52 y el B-36 tienen gran cantidad de cola que une sus partes. En los aviones de hoy y del mañana

A alturas menores los vehículos se caldean al viajar rápidamente a través de la atmósfera tal como indica el gráfico.



CALDEAMIENTO AERODINAMICO


Cuando una aeronave piloteada y con alas vuelve a entrar a la atmósfera terrestre, brillará por el calor causado por la fricción con el aire. Arriba a la derecha está indicada la ruta de vuelo de la aeronave al aproximarse a la tierra. El gráfico mayor muestra la aeronave en cuanto sus alas comienzan a afirmarse en el enrarecido aire a 300.000 pies. Cuanto más se hunde en la atmósfera, más se caldea. Alcanza un máximo de 2.000°F. El piloto se mantiene fresco en la cabina especial situada a la cola.

tenemos que endurecer los materiales. La cola le da el endurecimiento que necesitamos. Los remaches no lo hacen. Pero todavía las colas orgánicas nos están dando que hacer en ciertas secciones del avión. Se derriten a unos 500° F. De manera que en áreas de alta temperatura del avión debemos usar colas metálicas. Lo que hacemos es derretir y verter una aleación metálica entre las superficies que queremos ligar. Cuando se endurecen tenemos una cola metálica.

El calor producido por el vuelo a gran velocidad y las máquinas de elevado calor también crean una pesadilla al ingeniero de lubricación. Tiene que acondicionar fluidos, aceites y grasas hidráulicas que no fallarán con el intenso calor. "La técnica de aviación que tendremos en 1968 ó 1970, dijo un ingeniero de la Fuerza Aérea, ha cambiado nuestras ideas. Tendremos que utilizar aceites y grasas que soporten temperaturas de 500° F. a 900° F. Por otro lado, la Fuerza Aérea requiere que los lubricantes puedan soportar el frío a —65° F. para aprovisionamiento en climas fríos.

Una selección de aviones del período




X-15
USAF
X-15
SKYROCKET
X-3
X-3
USAF
X-2
X-1

El combustible de aviación aun presenta otro problema con respecto al calor. Sin un sistema de refrigeración alrededor del tanque de combustible del avión, el calor friccional producido por la alta velocidad haría hervir el combustible mucho más rápido de lo que la máquina tardaría en usarlo. Esto sucede en un avión volando a 2.000 millas por hora a 60.000 pies.

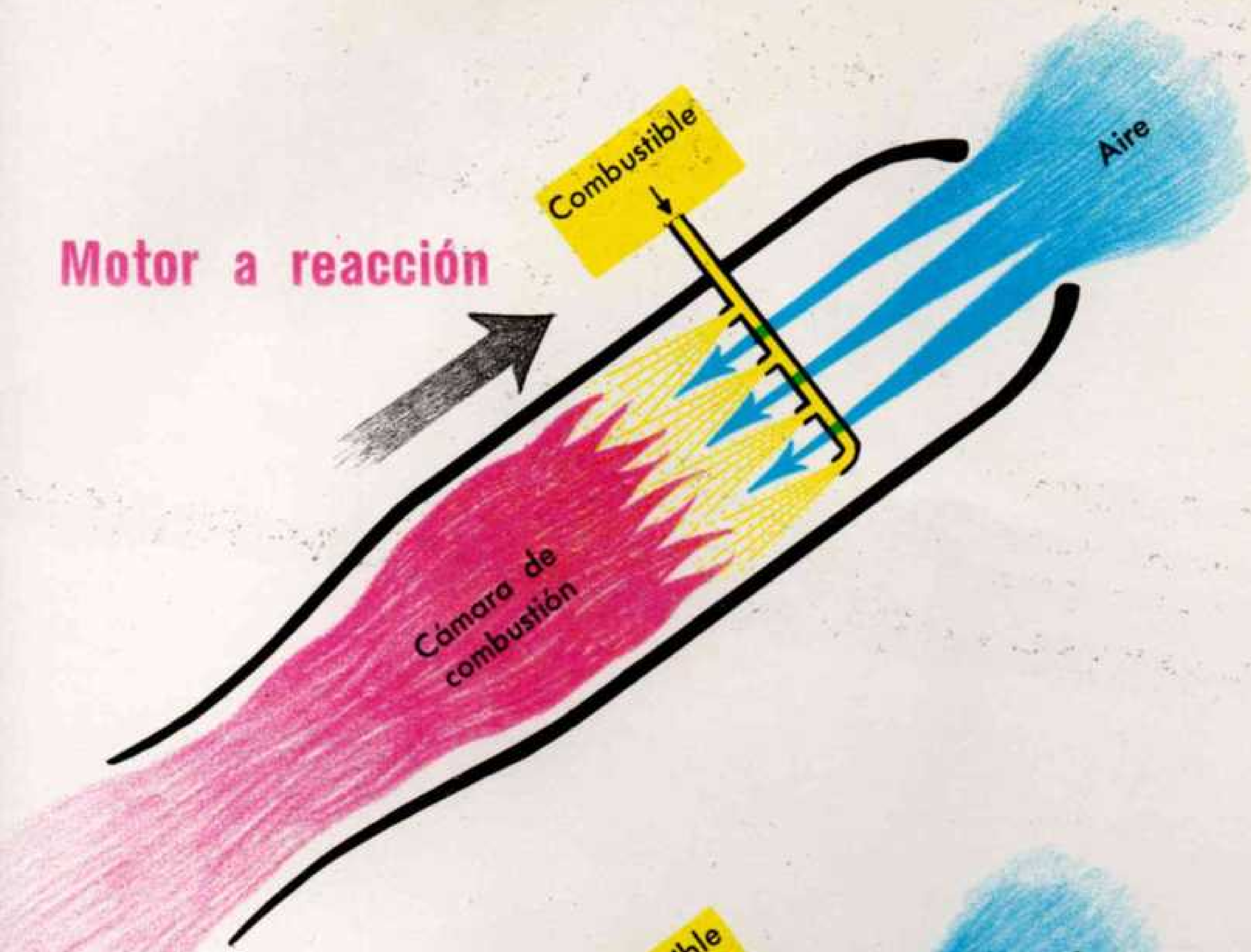
Sellos de goma, mangueras, y otros artículos de la máquina también presentan problemas de calor. La mayor parte de la goma se derrite a una temperatura de 275° F. El problema es cómo protejer aditamientos de goma alrededor de la máquina donde las temperaturas súbitamente se elevan a 700° y 800° F. Las ruedas del avión, cuando se levantan en vuelo, están cerca de la superficie del avión. Esto significa que las cubiertas se calentarán a unos 300° ó 500° F. A estas temperaturas las cubiertas se destruirían al aterrizar. Nuevas clases de goma reforzada tendrán que ser acondicionadas.

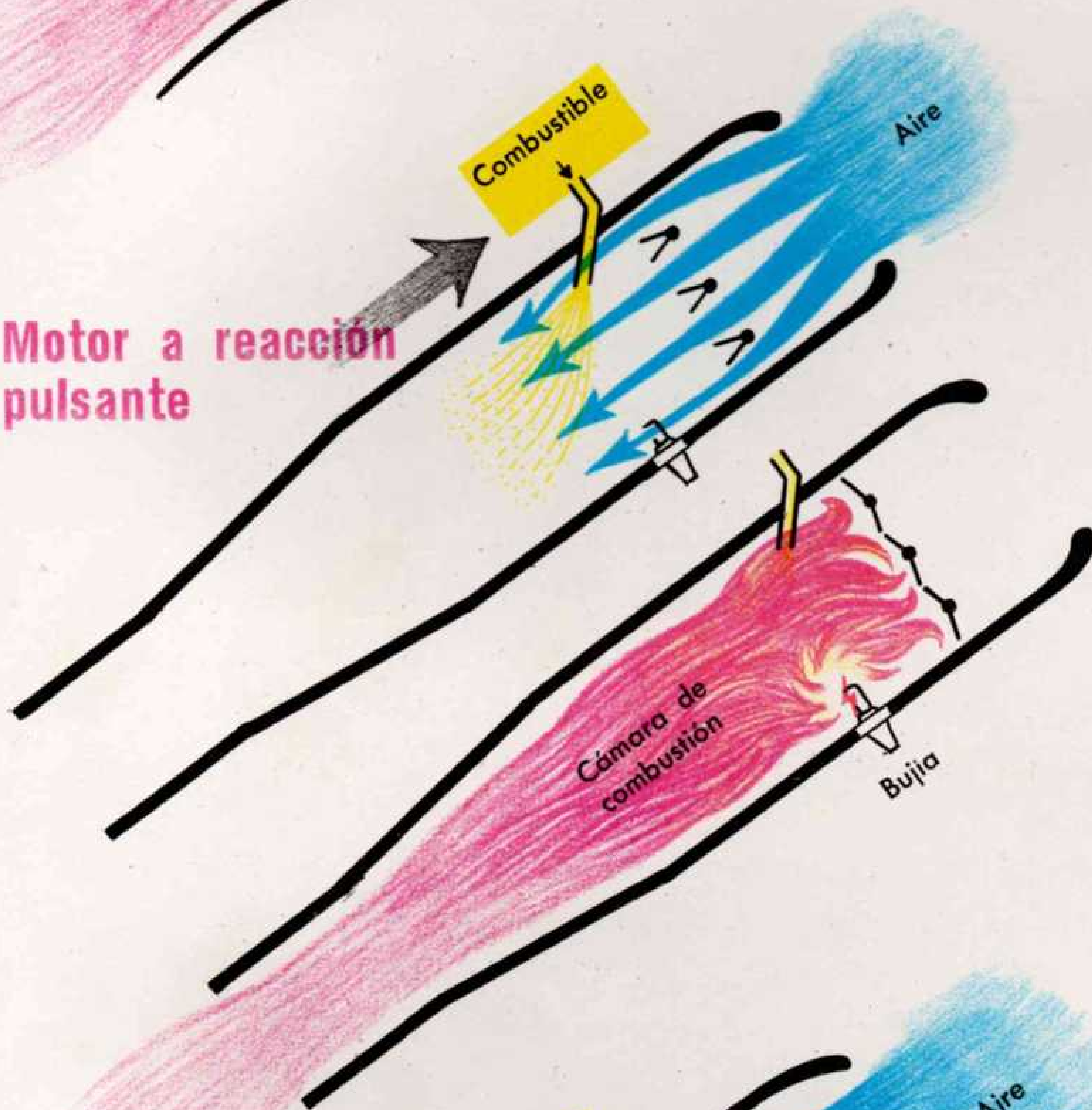
Cuando la aeronave del futuro navegue a grandes alturas en las que abundan pesadas moléculas de oxígeno llamadas ozono (O_3), su equipo de goma comenzará a deshacerse. El ozono destruye la goma. Y si un piloto tuviera que saltar a gran altura, las máscaras de goma de su equipo (máscara de oxígeno, por ejemplo), se endurecerían y restringirían sus movimientos por el intenso frío de la gran altura.

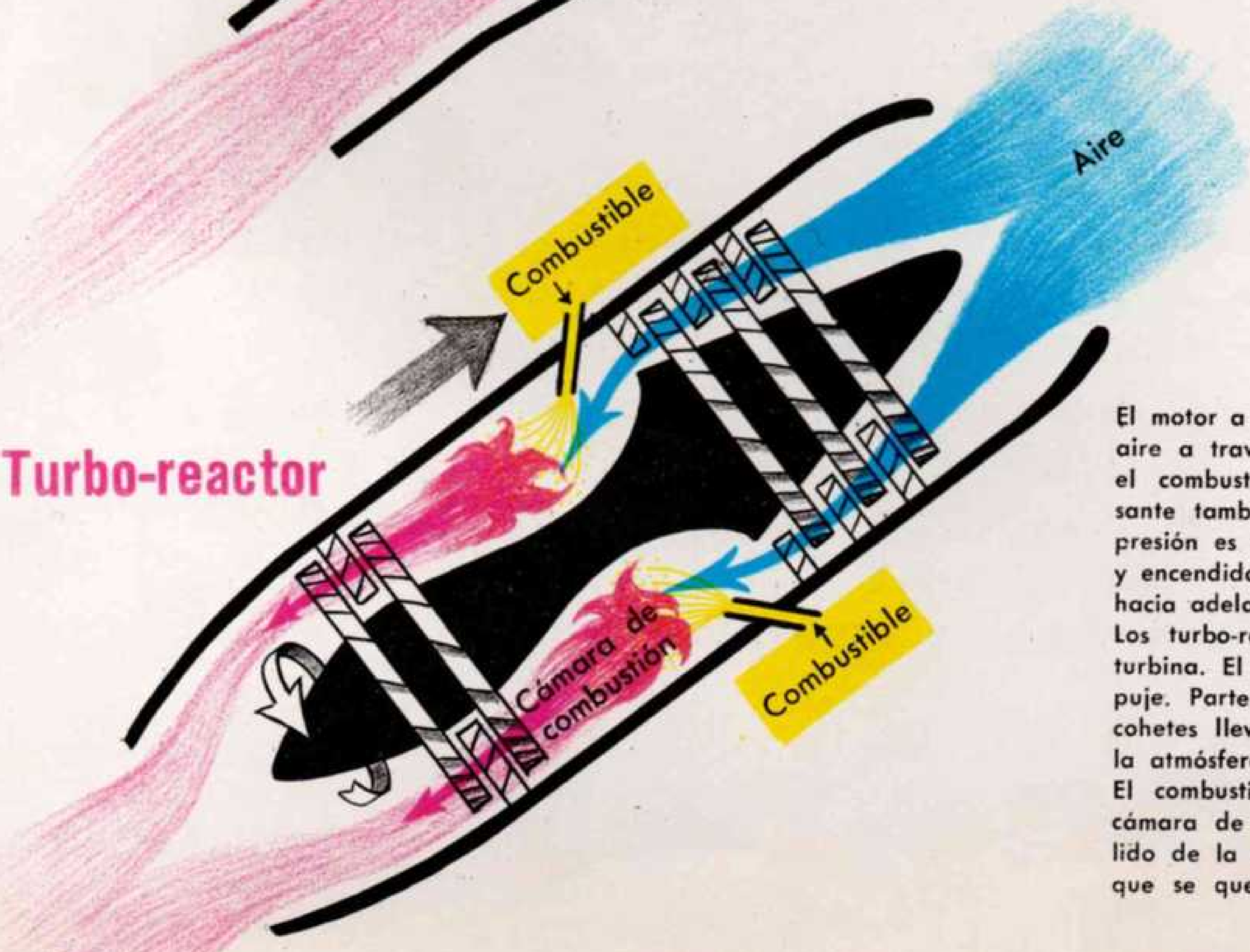
El gran empujón

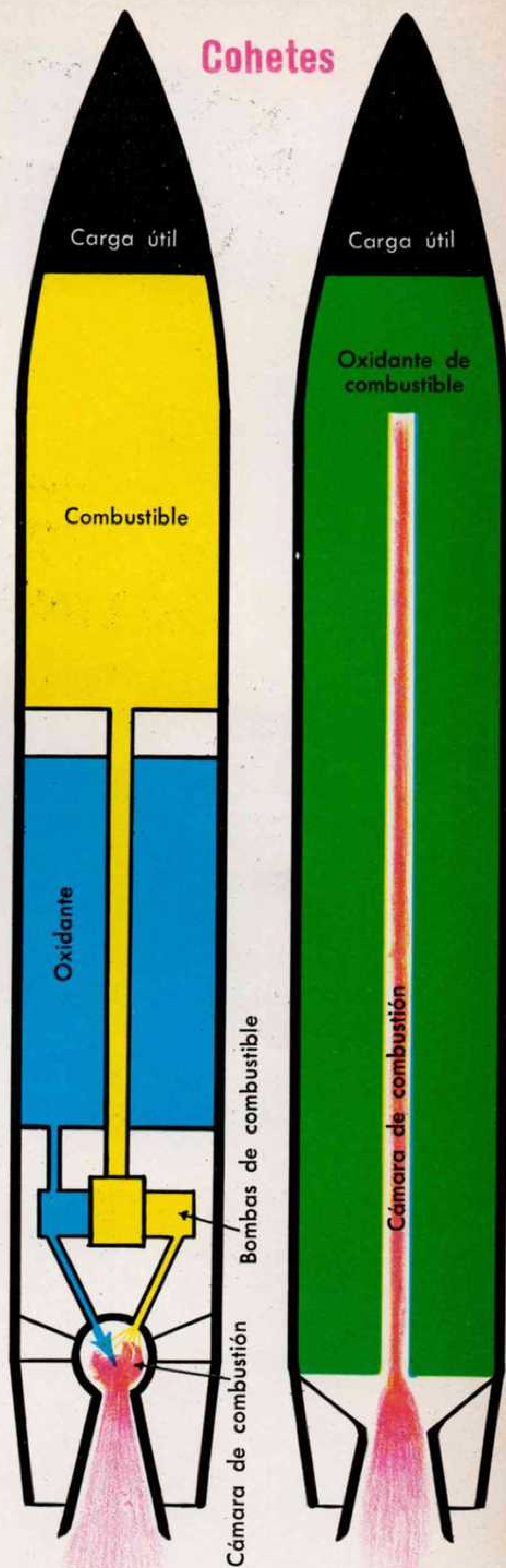
Al igual que el hombre, la máquina jet depende de una constante provisión de oxígeno para quemar su combustible. Alrededor de los 55.000 pies, la densidad del aire ha disminuido tanto que la mayoría de las máquinas jet chisporrotean por falta de oxígeno. En vuelos de baja altura, un jet bombardero absorbe cuatro toneladas y medio de aire por minuto y lo comprime para el proceso del quemado de combustible. Pero a unos 55.000 pies no hay suficiente oxígeno como para mantener una máquina jet en vuelo.

Para elevarse aún más, el hombre debió construir una clase de máquina diferente —la máquina cohete. Cuando un hombre quiere permanecer, pasados los 18.000 pies, por largos períodos de tiempo, lleva consigo su propia provisión de oxígeno. La máquina cohete hace lo mismo. A diferencia del jet, las máquinas cohete llevan su propia provisión de oxígeno líquido. Cuando su oxígeno se mezcla con el combustible del cohete, el combustible se quema. Llevando su propia provisión de oxígeno, la máquina

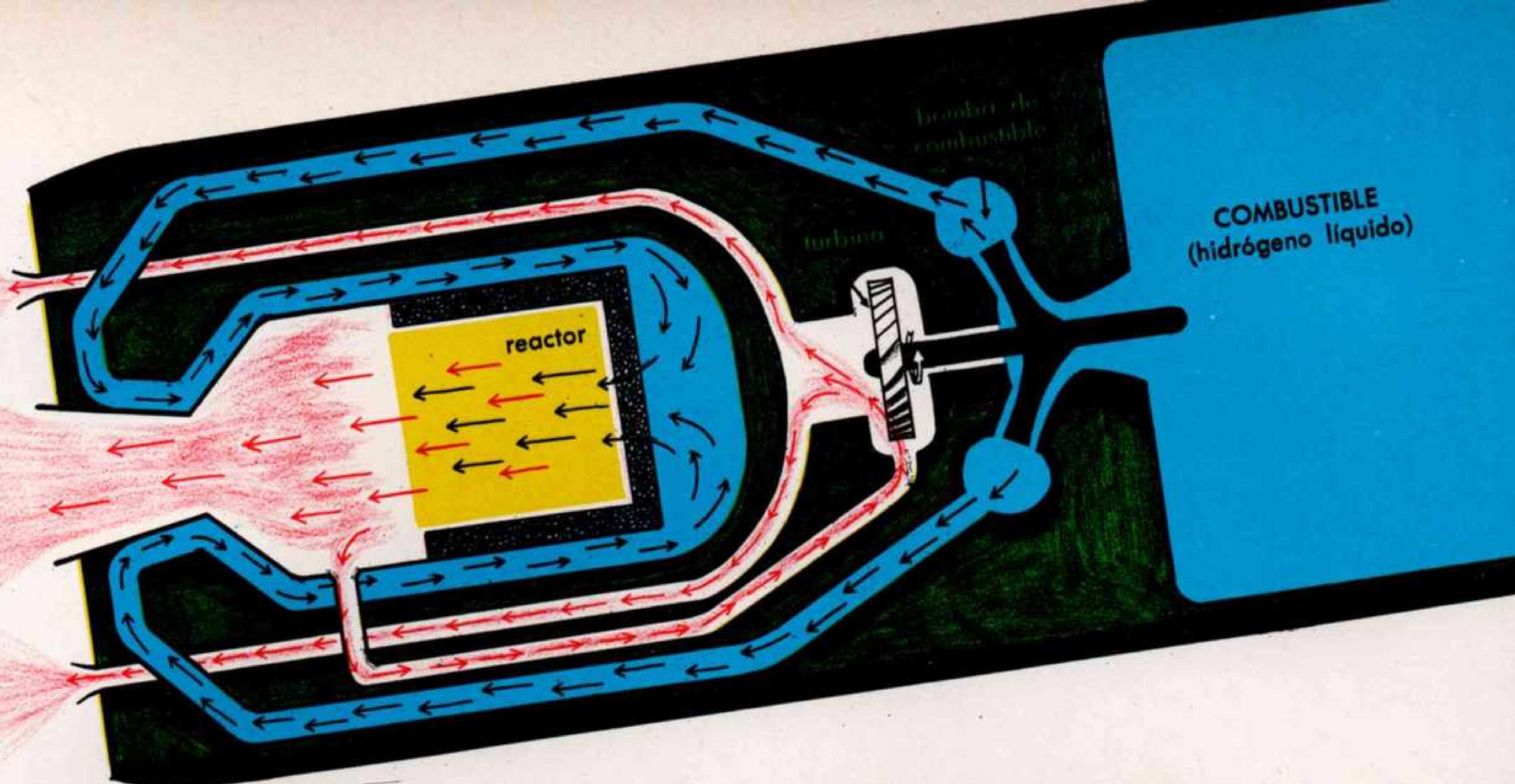








El motor a reacción puro sólo puede trabajar a altas velocidades. Absorbe aire a través del frente y lo impele a la cámara de combustión, donde el combustible es vaporizado y encendido. El motor a reacción pulsante también impele aire en la cámara de combustión (1). Cuando la presión es lo suficientemente alta, el combustible es mezclado con el aire y encendido. La explosión (2), cierra un grupo de válvulas y empuja el jet hacia adelante, latido tras latido, al abrir y cerrar del grupo de válvulas. Los turbo-reactores absorben el aire que luego es comprimido por una turbina. El combustible se mezcla con el aire, se enciende, y provee empuje. Parte del gas de escape da vueltas a la turbina compresora. Los cohetes llevan su propio oxígeno de manera que trabajan más allá de la atmósfera. A la izquierda se encuentra un cohete impulsado a líquido. El combustible se mezcla con el oxidante, luego se "quema" en una cámara de combustión y produce empuje. En cohetes de combustible sólido de la extrema derecha, el oxidante está contenido en el combustible que se quema lentamente hacia afuera por el delgado espacio central.



En cohetes nucleares un reactor caldearía combustible gaseoso y lo dispararía através de una tobera para producir empuje. El combustible bombea combustible de fuerza a través del reactor donde éste es caldeado. Parte de los gases de escape podrían ser eliminados de la cámara de empuje para guiar las bombas de combustible de la turbina. En este gráfico el corazón del reactor tiene solo unos pocos pies de ancho. El reactor se caldea extremadamente. Por esta razón el combustible se hace circular alrededor del reactor para ayudar a mantenerlo fresco.

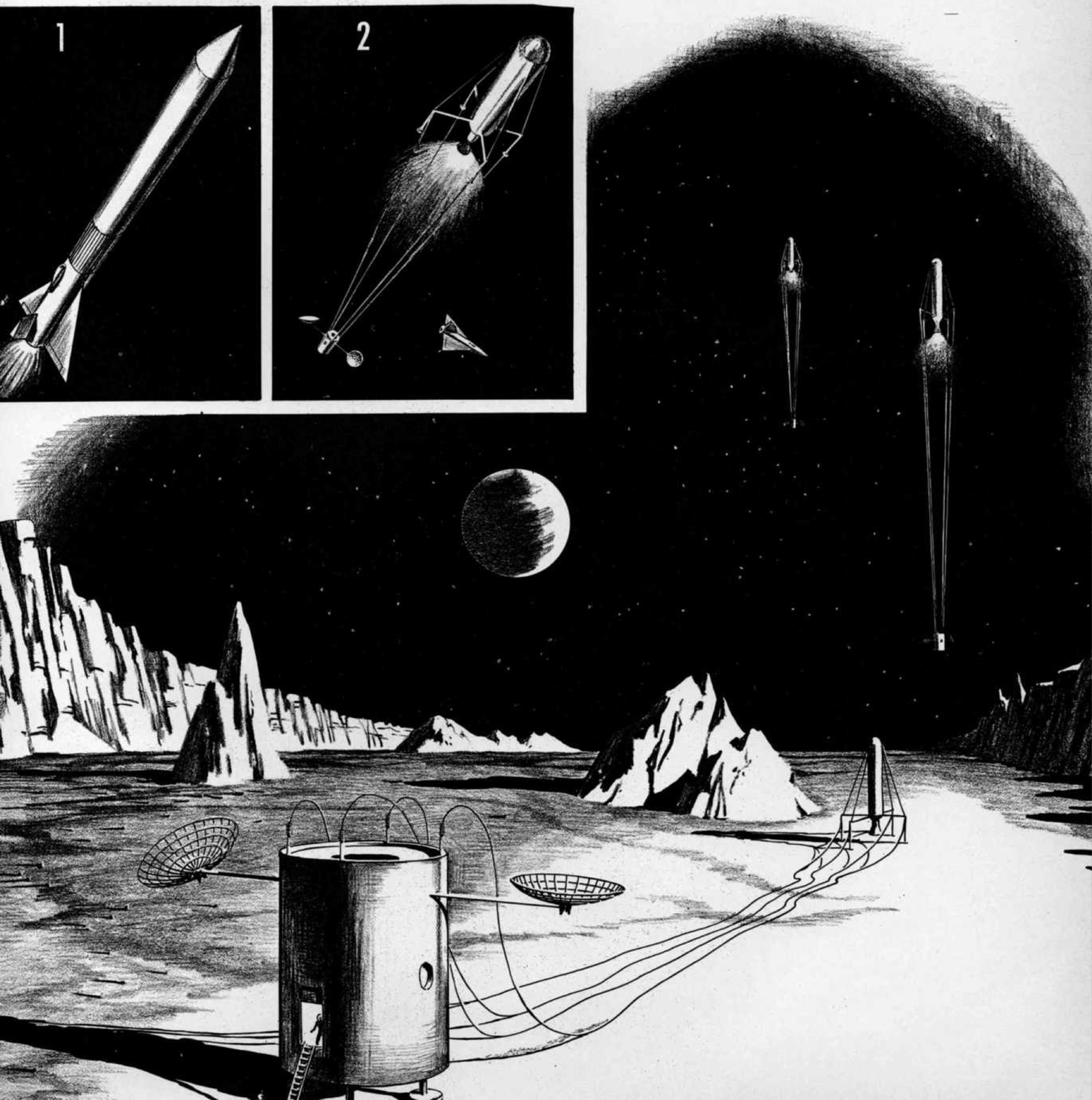
cohete no depende en ninguna forma del aire externo. Los cohetes trabajan mejor cuando alcanzan unos 100.000 pies. A esta altura el aire es tan leve que ofrece poca resistencia al vuelo del cohete. Pero para alcanzar esta altura, y mucho más, el cohete debe consumir su combustible con voraz apetito. El X-15, por ejemplo, consume su entera carga de combustible en unos seis minutos. De manera que ni aun en estos días la máquina cohete nos puede dar un *vuelo sostenido* a gran altura en la atmósfera: A unas 1000 millas arriba hay muy poco aire para soportar las alas de un avión convencional, pero demasiado aire para permitir a un satélite girar en órbita indefinidamente alrededor de la tierra libre de la atracción terrestre.

Para navegar por esta tierra de nadie se requerirá una nueva clase de máquina. Una máquina atómica, o nuclear, que combine el fuerte empuje de la máquina cohete y el lento consumir de combustible de un submarino atómico.

Pero la aeronave nuclear tripulada diseñada para operar dentro de la atmósfera terrestre, presenta una infinidad de problemas. Primero, la tripulación debe ser protegida de la radiación producida por el reactor nuclear. En submarinos, éste no es un problema, pues el peso es mucho menos importante. En los submarinos un protector de plomo separa a la tripulación de este generador de potencia. Pero no se puede poner demasiado plomo en un aeroplano y esperar que vuele. La alternativa, entonces, podría tener un extraño y nuevo aspecto para la aviación, un largo tubo, en un extremo del cual se encuentra la cabina para la tri-

pulación, y en el otro la máquina del reactor nuclear. Situar la tripulación a una distancia segura del reactor sería un sustituto satisfactorio del pesado protector de plomo. El diseño del tubo requeriría sólo una delgada lámina de plomo. Pero hay otros problemas.

La nave espacial a propulsión nuclear proyectada por Couvair's Krafft Ehricke llevará hombres y provisiones a la Luna o Marte. El conjunto (1) deja la tierra dentro de un cohete a combustible líquido. La parte de abajo es un planeador que se desprende para volver a la tierra (2) una vez que el cohete está sobre la atmósfera. El cohete nuclear con la tripulación dentro de la góndola suspendida del reactor, continúa el viaje a la Luna. El reactor se mantiene a distancia segura de la tripulación por 1.000 pies de cables. El cohete podría volver a la tierra y encontrarse con el planeador piloteado dentro de la atmósfera.



Aun si se resuelve el modo de proteger a su tripulación, debe también encontrar la forma de proteger la aeronave misma de la radiación. El reactor constantemente dispararía diminutos fragmentos atómicos incluyendo partículas alfa y beta, rayos gamma y neutrones. En tanto que las partículas alfa y beta podrían ser fácilmente detenidas por un delgado protector, no así los rayos gamma y neutrones. Si esta radiación diera en las partes de goma del avión, la goma se volvería pegajosa. La cubierta interna de plexiglás del techo de la cabina formaría nubes de burbujas que impedirían a la tripulación ver hacia afuera. Otros plásticos en el avión se decolorarían. La grasa a la alta temperatura de la máquina se convertiría en un material parecido a la goma, engomando literalmente los engranajes. Casi todos los materiales orgánicos en el avión perderían gran parte de su capacidad para soportar el calor. (Una excepción es el efecto de la radiación en el plástico polietileno. Normalmente este material se derrite a unos 200° F. ¡Pero luego de estar expuesto a la radiación, su capacidad para soportar calor aumenta!)

Todavía la aeronave nuclear tripulada presenta muchos problemas que aun no han sido resueltos; los investigadores de la Fuerza Aérea pacientemente eligen su camino a través de la "barrera nuclear".

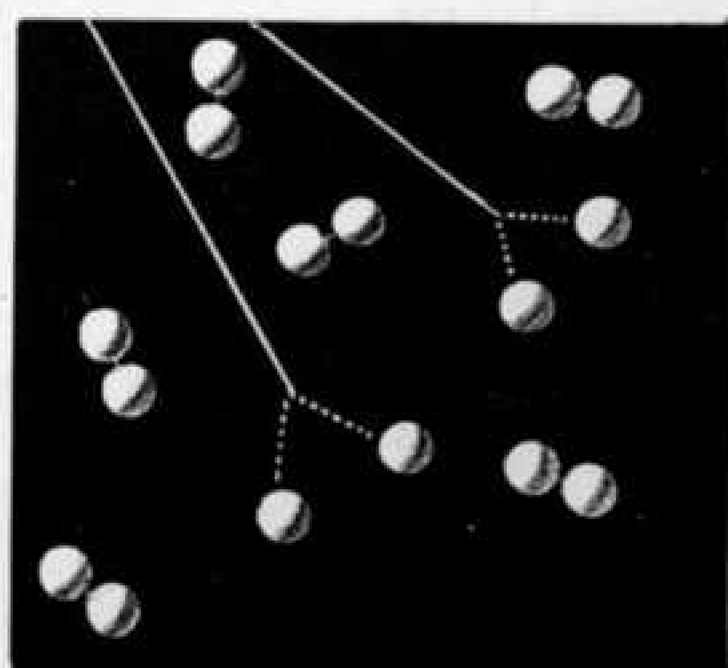
El pequeño empujón

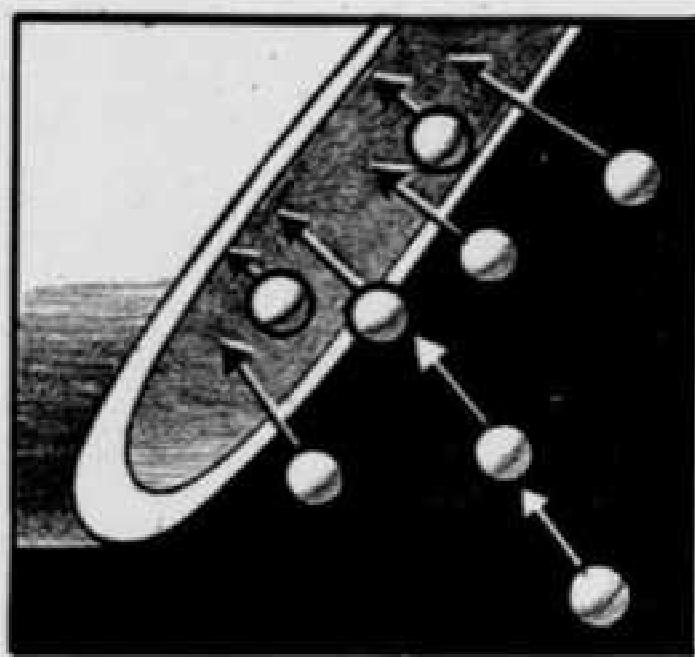
Entre los 600 o más proyectos llevado a cabo por el Departamento de Investigaciones Científicas de la Fuerza Aérea, se encuentran varios en el campo de nuevos sistemas de propulsión. La mayoría de los cohetes que tenemos hoy son pájaros enormes y hambrientos que devoran combustible a velocidades de 18.000 millas por hora, y se requiere que el 90 por ciento o más de su peso consista en combustible. Dijo un científico de la D. I. C.: "Esto es lo que significamos cuando decimos gran M (masa) y pequeña v (velocidad). Para empujar estos enormes pájaros a través del cielo necesitamos gran cantidad de M (combustible y envase) para producir una pequeña v (velocidad). Lo que estamos buscando ahora es gran V y pequeña m. Por ejemplo, por gran V significamos velocidades de unas 100.000 millas por hora."

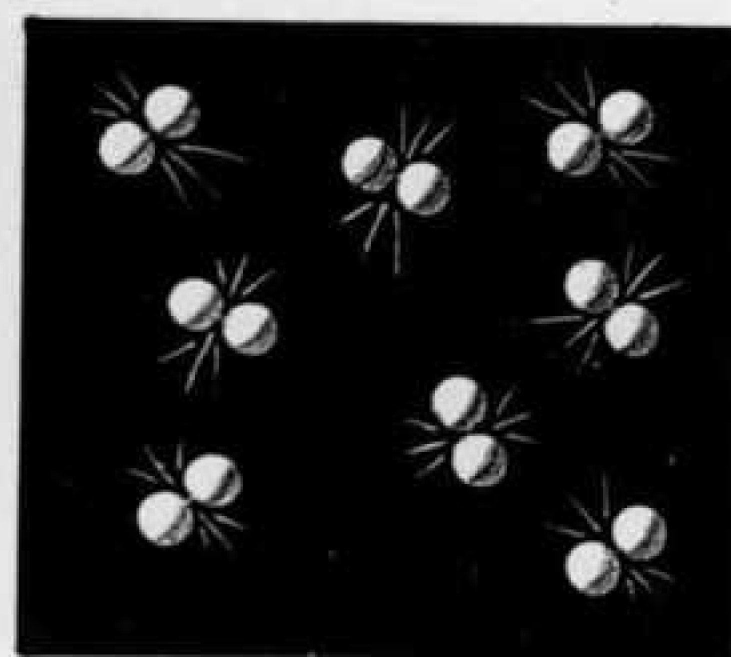
Los sistemas de propulsión de hoy producen *gran empuje por un corto tiempo* —el X-15 alcanza su velocidad máxima en treinta

a cuarenta segundos. Los sistemas a propulsión del mañana llevarán a los aviones cohete a través de la tierra de nadie a gran altura y a través del espacio interplanetario producirán *reducido empuje por largos períodos de tiempo.*

Científicos del Centro de Investigación Cambridge de la Fuerza Aérea, han descubierto un supercombustible de reducido empuje y alta velocidad que podría ser usado para guiar un cohete indefinidamente a través de las regiones superiores de la atmósfera. El cohete ni siquiera tendrá un tanque de combustible, ya que este supercombustible es un gas que flota en el aire esperando ser absorbido por el cohete. A una altura de sesenta a setenta millas sobre la tierra, los rayos ultravioleta del sol bombardean la atmósfera. Las moléculas de oxígeno hechas de dos átomos cada una (O_2) son divididas por este bombardeo ultravioleta. Esto produce átomos individuales de oxígeno. Los científicos de Cambridge han encontrado un producto químico que recombina estos átomos individuales de oxígeno en oxígeno molecular. En el proceso de recombinación se libera energía —energía útil para la marcha del cohete.







Los aviones cohete del futuro inmediato pueden pilotearse por un abastecimiento interminable de combustible sacado del aire a gran altura. A una altura de unas sesenta o setenta millas, los rayos ultravioleta del sol dividen las moléculas de oxígeno en átomos (izquierda). Las máquinas cohete absorberían oxígeno atómico, transformándolo en oxígeno molecular. La energía resultante llevaría el cohete.

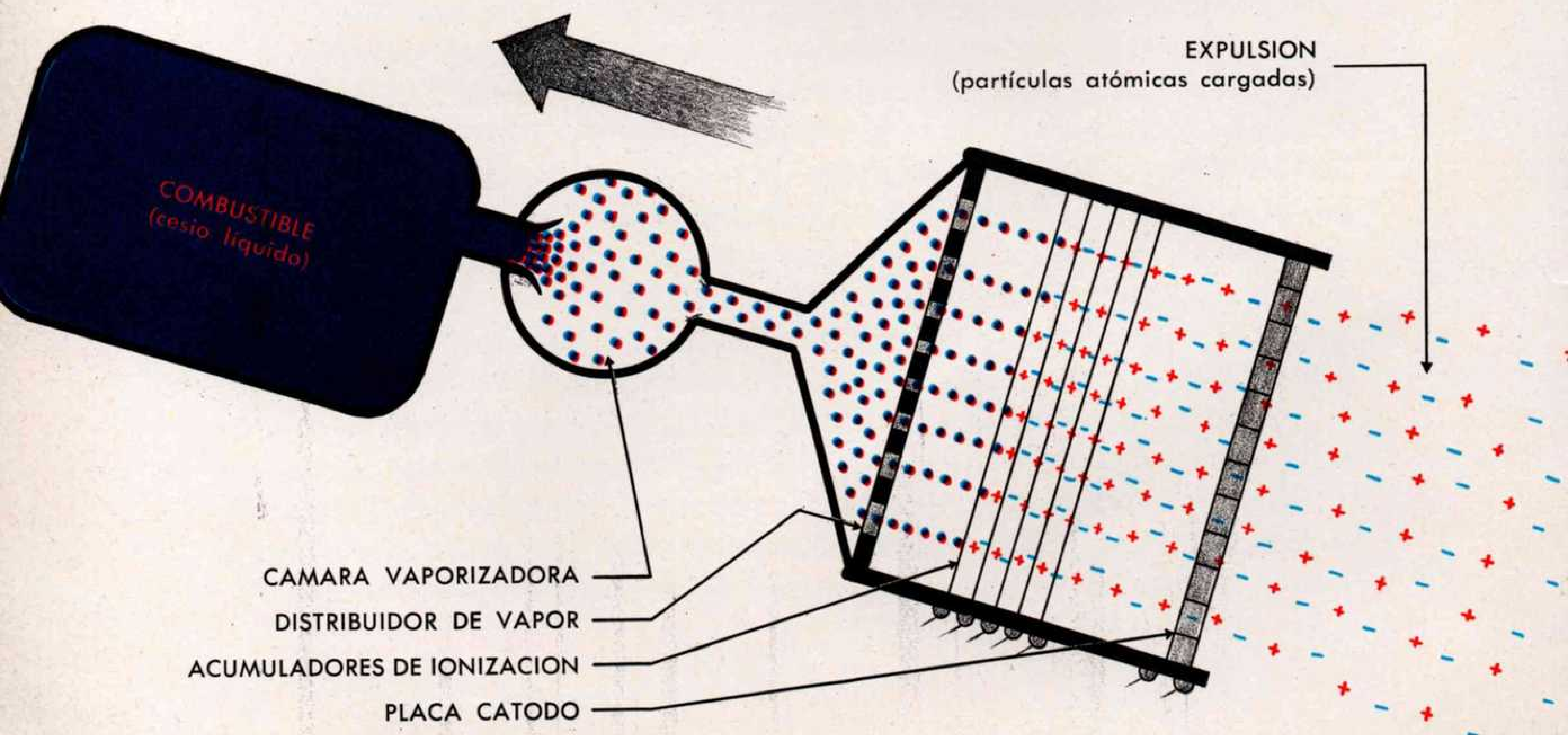
He aquí cómo trabajaría uno de estos cohetes: Un cohete de combustible líquido podría llevar el cohete de supercombustible a una altura de vuelo de sesenta a setenta millas. Dándole velocidad suficiente y ruta de vuelo apropiada, el cohete de supercombustible comenzaría a volar. Absorbería la ilimitada provisión de oxígeno atómico en su ruta de vuelo. El oxígeno atómico, al pasar a través del cohete un agente químico, cubriendo las absorciones de aire del cohete, recombinaría el oxígeno atómico en oxígeno molecular. La energía producida por la recombinación llevaría al cohete indefinidamente a través de esta región de la atmósfera.

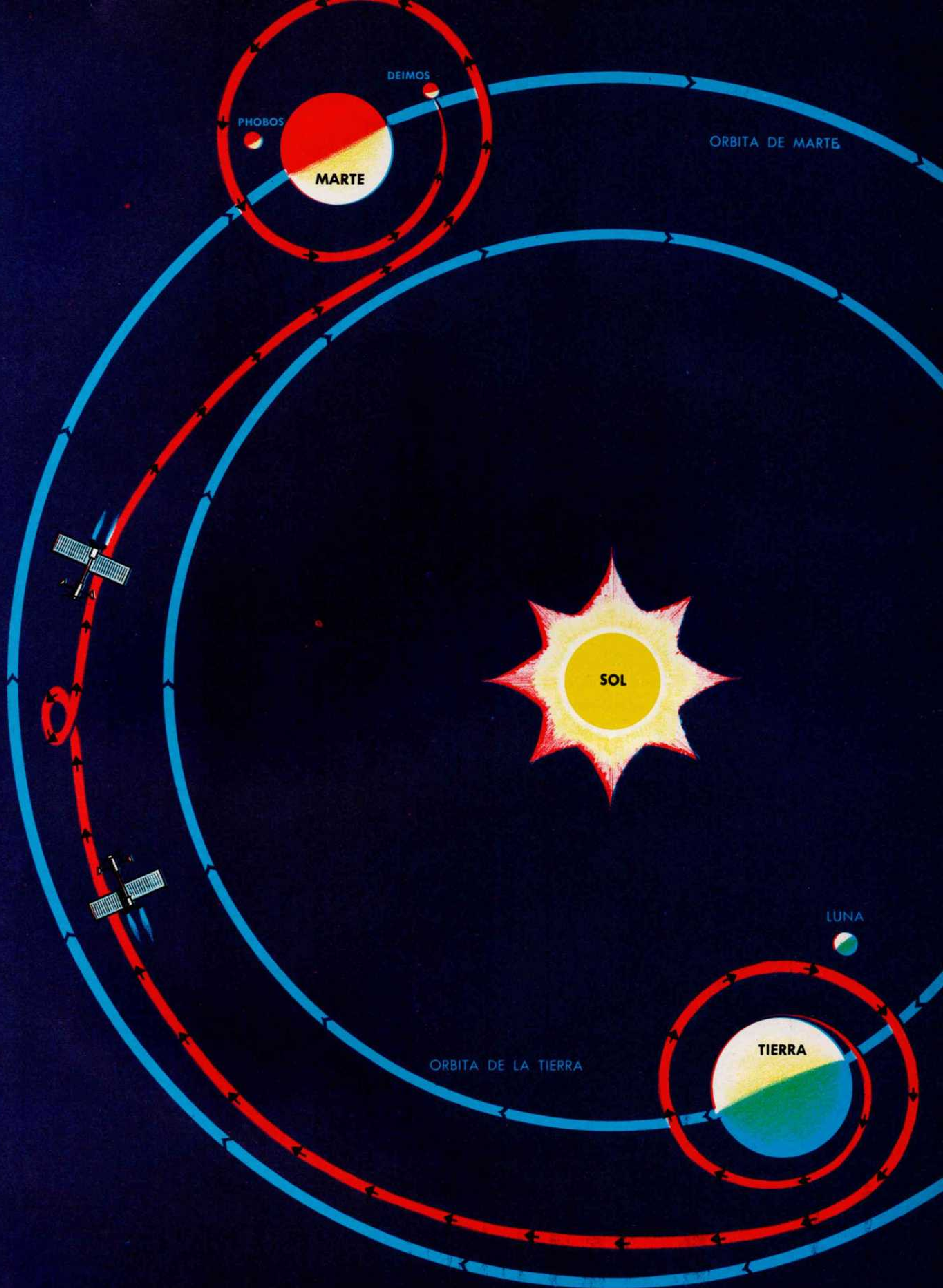
Cuando los científicos del D. I. C. hablan de viajes en cohetes tripulados a los planetas y más allá de nuestro sistema solar, hablan de otras máquinas que producen reducido empuje por largos períodos de tiempo para lograr alta velocidad. La máquina a motor iónico es una de las de este sistema de propulsión.

La idea detrás de cualquier sistema de propulsión, explicó un científico del D. I.C., es hacer que las moléculas de gas se alineen —hacer que todas ellas se muevan en la misma dirección en vez de pelearse una contra otra, golpeándose de un lado y del otro como lo hacen normalmente. La máquina de fusil iónico hace justamente ésto. Primero crea partículas atómicas cargadas, luego con un campo eléctrico la máquina dispara estas partículas a través de la tobera de escape. Al ser disparadas las partículas atómicas fuera del cohete, empujan al cohete en la dirección opuesta.

He aquí cómo la máquina a motor iónico puede funcionar. En su tanque de combustible caldeado se encontraría un combustible alcalino-metálico en estado líquido, posiblemente rubidio o cesio (la razón de la elección de uno de estos metales es que sus átomos son pesados y fácilmente separables en iones y electrones). El combustible de metal-líquido sería bombeado y vaporizado en una cámara caliente de vaporización. Una vez en estado de vapor, el combustible entraría en contacto con bandas caldeadas de platino o tungsteno. En contacto con estas bandas los átomos del combustible vaporizado serían "descompuestos"; cada átomo sería forzado a abandonar un electrón. El resultado: un *ion* o partícula cargada —en este caso, un átomo con carga positiva desde que perdió un electrón. Cada átomo de combustible tiene ahora una carga positiva, su movimiento puede ser dirigido por poderosos magnetos. Un poderoso magneto, entonces, sería el "fusil" que

Los motores iónicos rompen partículas pesadas de combustible en partículas cargadas que pueden entonces ser disparadas del cohete para producir impulso. Los motores iónicos producen bajo impulso, por eso sólo serán usados para largas jornadas a través del espacio.





Un cohete iónico a Marte podría ser lanzado por un cohete convencional. Casi a medio camino de Marte el cohete giraría para frenarse a sí mismo por la atracción gravitacional de Marte. El cohete podría aterrizar en la luna del Planeta Rojo, Deimos.

dispara las balas de ion a través de la tobera de escape del cohete. Al igual que el fusil "patea" contra su hombro cada vez que lo dispara, el motor iónico "patearía" la nave-cohete en movimiento continuo. El resultado sería un suave empuje que podría ser mantenido por un largo período de tiempo.

Aunque las máquinas a motor iónico pueden trabajar a nivel del suelo, no podrían llevar un cohete a través de la baja atmósfera. Producen demasiado poco empuje —sólo de diez a posiblemente cien libras de tracción. Compare esto con los seis millones de libras de tracción producida por las primeras máquinas cohete que recientemente han sido diseñadas. Las máquinas iónicas serían usadas sólo cuando el cohete ha escapado de la tracción de la atmósfera terrestre. Una vez en el espacio libre, sin aire que reduzca su velocidad, la máquina iónica del cohete comenzaría a trabajar, suave y lentamente, empujando al cohete a velocidades cada vez mayores por un período de largas semanas. En un viaje a Marte, por ejemplo, la primera mitad del viaje se pasaría adquiriendo velocidad. Luego, pasando la marca de mitad del camino, donde la atracción gravitacional de Marte comenzará a atraer al cohete, el piloto daría vuelta a la nave de manera que su parte posterior diera hacia el Planeta Rojo. En esta posición, la máquina iónica serviría de freno, de manera que no pasara de la órbita planeada como blanco. La atracción gravitacional de Marte sería demasiado fuerte en relación con la poca atracción de la máquina iónica para aterrizar o despegar del Planeta Rojo. Podría, sin embargo, aterrizar en Deimos, la más pequeña de las dos lunas de Marte. De acuerdo con el astrónomo Jan Schilt, un cohete necesitaría sólo unas diez libras de tracción para liberarse de Deimos, que tiene sólo cinco millas de diámetro.

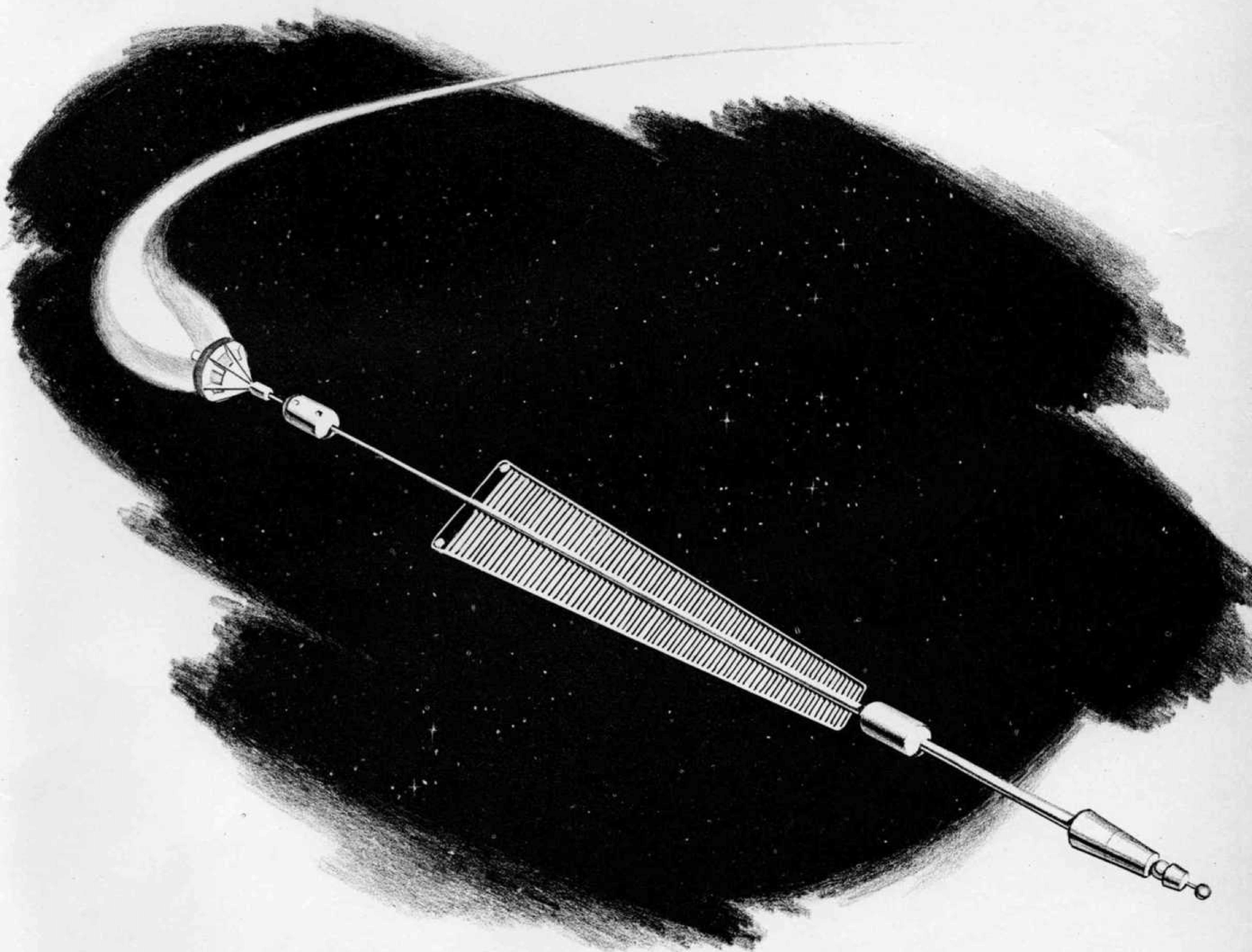
En comparación con la cantidad de combustible líquido que los cohetes de hoy consumen, la carga de combustible de un cohete a motor iónico sería leve. ¡El tipo de cohete iónico que se encuentra en la página 107 navegaría alrededor de la tierra por un año o más con sólo 220 libras de combustible!

Ningún sistema de propulsión es la respuesta final al vuelo en cohete, de la misma manera que ningún metal o cerámica es la respuesta al problema del calor. Las naves interplanetarias del futuro probablemente estarán provistas de máquinas de alta tracción y baja velocidad, además de generadores de potencia de baja tracción y alta velocidad. Para navegar perfectamente a través

del espacio necesitarán ambos tipos. Un pequeño error de navegación pondría fácilmente a la tripulación de un cohete más cerca de un planeta de lo que ellos querían. En tal emergencia, necesitarían una leve explosión de una máquina de alta tracción que

les diera rápidamente la velocidad necesaria para evitar ser capturados por la fuerza gravitacional del planeta.

¿Es la propulsión iónica el "último" de los generadores de poder del cohete del futuro?, puede usted preguntarse. En la nueva era aérea, lo de "último" es una palabra peligrosa. En la mesa del almuerzo con científicos del Departamento de Investigación Científica, puede usted oír los pro y contra de la propulsión fotónica al ser debatidos. En otras palabras, usando luz como una fuente de energía para propulsar un cohete tripulado a través del espacio. Los fotones hacen lo que llamamos *rayos* de luz. Un fotón que pasa de un cierto nivel de energía (1.02 millones de voltios electrónicos), puede transformarse en dos partículas —un electrón y un positrón (un "positrón" es un electrón positivo). Al ser cargadas estas partículas pueden ser dirigidas por un campo magnético. Esto significa que podrían ser disparadas por la parte posterior de un cohete, creando tracción.







Escapes a gran altura

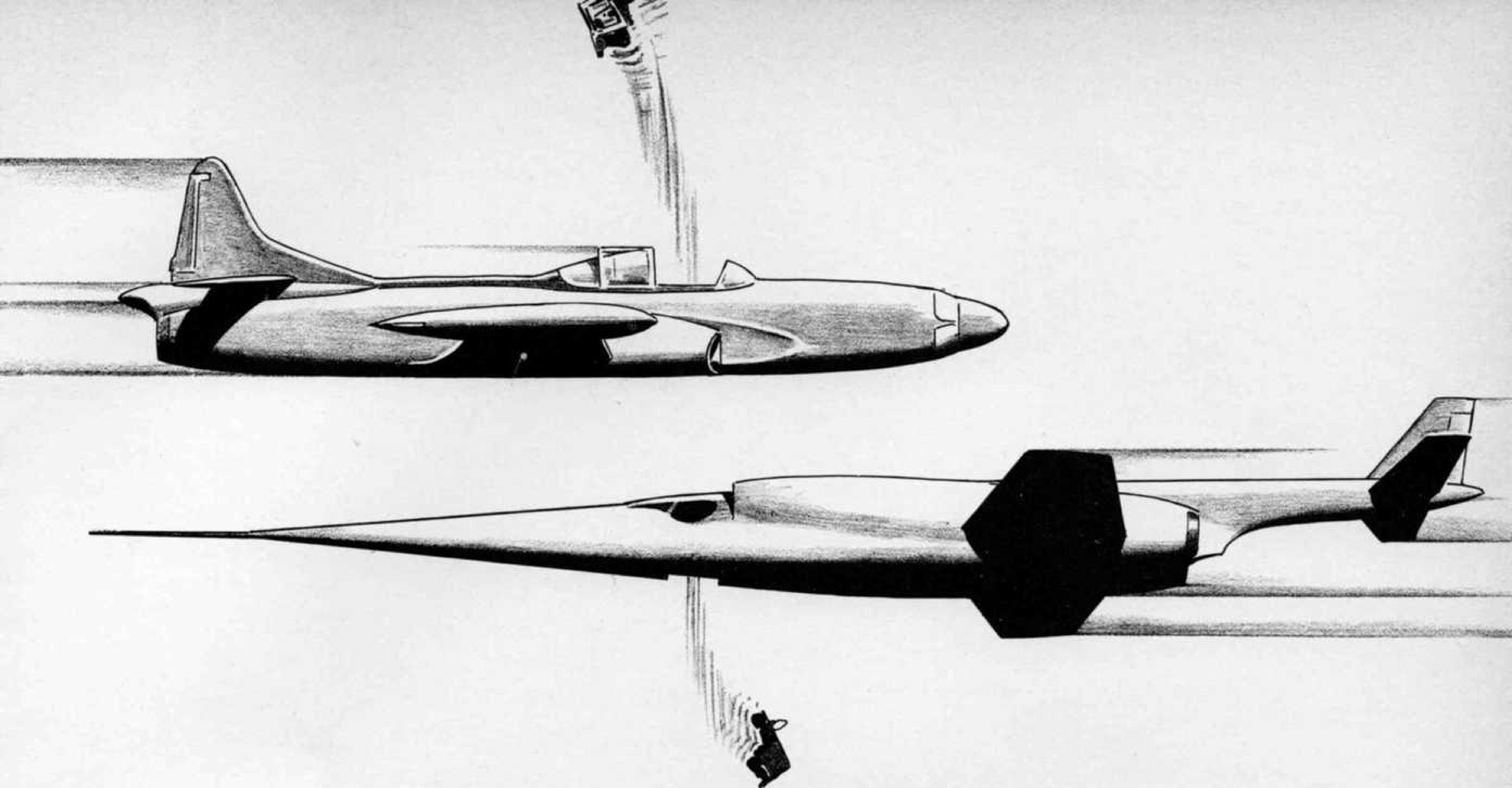
Cuando un avión de combate a hélice de la cosecha de la Segunda Guerra Mundial se estropeaba, el piloto simplemente maniobraba hacia atrás el techo cóncavo de la cabina y saltaba por un costado. Luego de los primeros momentos de gran viento y del sacudón de apertura de su paracaídas, flotaba agradablemente hasta el suelo. La era del jet y del cohete ha cambiado todo esto.

Los aulladores pájaros de metal del vuelo moderno, llevan al piloto al borde del espacio a velocidades supersónicas. La combinación de alta velocidad y gran altura ha cambiado drásticamente el problema del salto. Hoy, ningún piloto considera el salto como algo agradable.

Los médicos espaciales de la Fuerza Aérea conocen desde hace tiempo los peligros de un salto a velocidades supersónicas. Si conoce la altura y velocidad de un avión, puede figurarse las fuerzas de los chorros de aire y la deceleración que se apoderarán del piloto cuando abandone su avión. Pero hasta que el piloto de prueba de la Aviación Norteamericana, George Smith, saltó a velocidad supersónica, los médicos espaciales no tuvieron una horrenda prueba gráfica de lo que puede suceder a un hombre durante un salto supersónico.

¿En qué forma los chorros de aire y fuerzas de deceleración afectan al cuerpo humano? Para averiguarlo, el coronel John P. Stapp, famoso por su deslizador cohete, se convirtió en el conejillo de Indias humano número uno de la Fuerza Aérea. El laboratorio del coronel es un deslizador cohete piloteado que da una velocidad de 3.500 pies sobre rieles. Cuando Stapp se usó a sí mismo como sujeto de prueba, fue atado al asiento, se dispararon los cohetes y se alejó a gran velocidad. Cuando alcanzó velocidad máxima, los frenos fueron apretados y sufrió una detención atormentadora, casi instantánea. En este record de 632 millas por hora, el chorro de aire que le castigaba era de 1.108 libras por pie cuadrado, y su detención se produjo en poco más de un segundo (el chorro de aire que dejó inconsciente a George Smith llegaba a 1.240 libras por pie cuadrado). Luego de la prueba que hizo hospitalizar a Stapp por cinco días, dijo que se había sentido como una mosca montada en la nariz de una bala. Y describió la ráfaga de viento como si su cabeza hubiera sido atrapada por un torno. A través de estos experimentos y otros, en los que usan maniquíes de "huesos" metálicos, la Fuerza Aérea está aprendiendo más sobre las fuerzas que golpean a víctimas del salto a gran altura y en qué grado las puede soportar el cuerpo humano.

A diferencia de los pilotos de aviones de poca velocidad, los pilotos de jet y cohete forzados a saltar, no pueden hacer saltar su techo de cabina de plástico y tirarse por el costado. Si trataran de escapar de esta forma, el terrible chorro de aire, provocado por su alta velocidad, los estrellaría con tal fuerza que rompería sus huesos contra la parte posterior del avión. Altas velocidades han producido métodos enteramente nuevos de salto. Uno de éstos es la cápsula expulsora. Otro, es el asiento expulsor, usado en la mayoría de los aviones jet de nuestros días. La ventaja del asiento



En aviones de alta velocidad, los pilotos forzados a saltar son expulsados fuera del asiento eyectables. En el F-94 (arriba) el asiento es expulsado hacia arriba. Pero en otros aviones, como el X-3 (debajo) el asiento es expulsado hacia abajo.

expulsor es que literalmente hace volar al piloto y a su asiento fuera del avión a una altura de cuarenta pies —la suficiente como para alejarlo de la cola.

A la mayoría de las personas el asiento expulsor puede parecerles algo extraño y complejo. Pero es el mejor medio que un piloto tiene para salvar su vida en un vuelo de emergencia. Todos los pilotos están entrenados en el uso del asiento expulsor. Si bien no esperan ansiosamente el día en que tengan que usarlo, se sienten seguros de que pueden hacerlo si se ven forzados a ello.

Un piloto de jet que está volando a unos, digamos, 5.000 pies, y advierte que algo anda mal en su avión, se da cuenta de que debe saltar. Primero revisa su equipo personal —equipo de paracaídas tirante, la banda de la barbilla de su casco ajustada, gafas bajas para troteger sus ojos del chorro de aire. Luego se inclina y saca un conjunto de pernos cortos de metal que aseguran su asiento al piso del avión. Luego saca sus pies de los pedales y los posa sobre un descanso en la base de su asiento. Se endereza fuertemente contra el asiento, adhiere su cabeza a la cabecera y ajusta su barbilla —todo esto para mantener su espina dorsal en línea recta preparándose para el sacudón. Luego de tirar hacia atrás el acelerador a la posición de *off*, el piloto aprieta sus codos a sus costados y levanta bruscamente los brazos del asiento. Esto hace explotar el techo de la cabina y prepara el asiento para ser disparado. Al volar el techo, el piloto siente inundar la cabina con un

salvaje chorro de aire y ruido. Ahora está listo. Presiona un gatillo en el brazo derecho del asiento. En la base del asiento una explosión de pólvora, equivalente a una bomba de 37 mm, dispara asiento y piloto con una explosión que los manda hacia arriba y fuera de la cabina. Al ser expulsado el piloto, una segunda explosión, ésta pequeña, suelta el cinturón del asiento y de los hombros que le sujetaban al asiento. En menos de un segundo sale del asiento expulsor y alcanza su paracaídas de anilla D. Pero antes que pueda tirar de ella para abrir el paracaídas, éste se ha abierto automáticamente. Sólo un segundo ha transcurrido desde que el piloto apretó el gatillo hasta el instante en que se abrió su paracaídas.

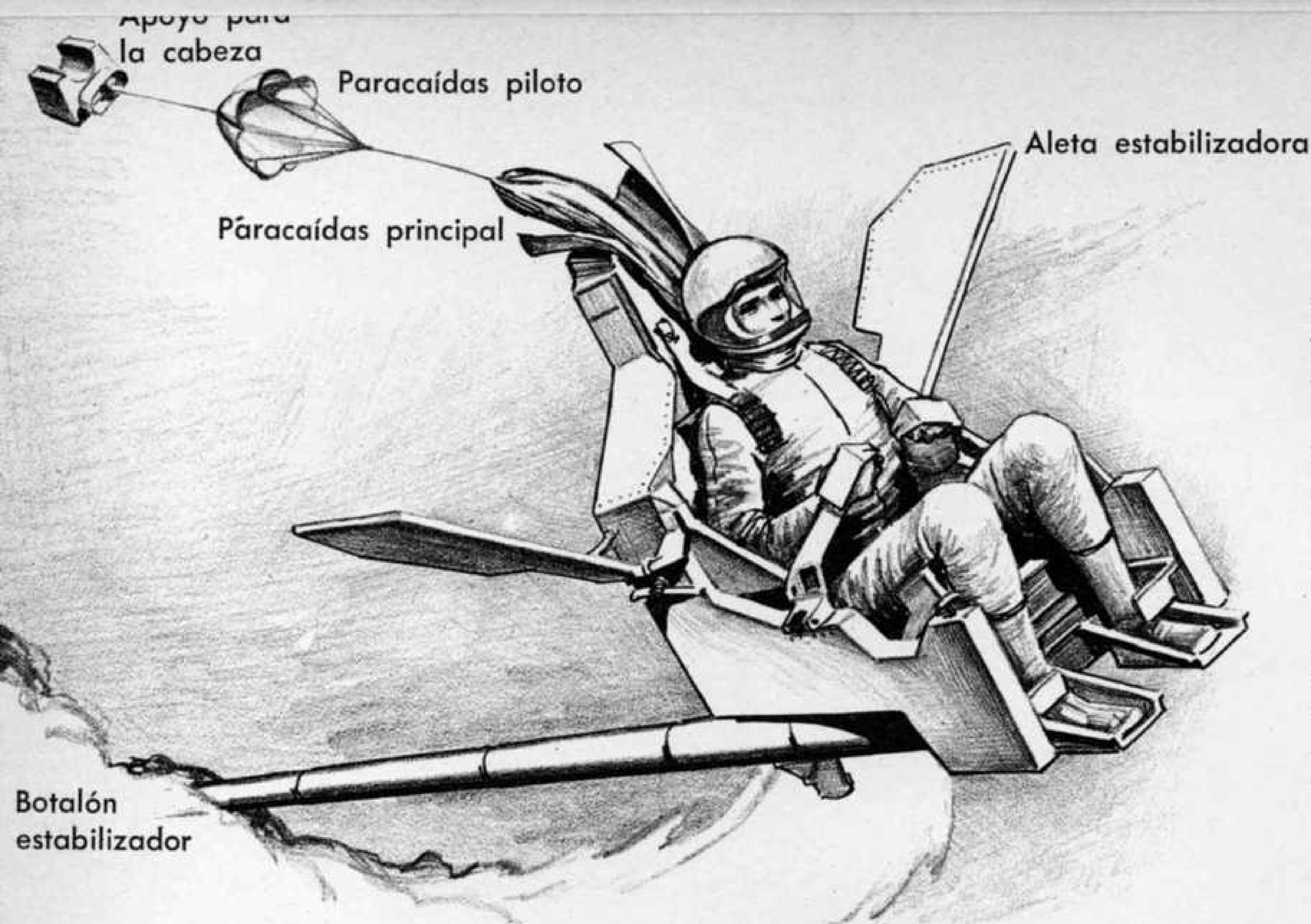
A alturas de más de 5.000 pies —alrededor de unos 50.000 pies— el piloto debe recordar unas pocas cosas más si es forzado a saltar (ningún piloto que esté en sus cabales saltará a gran altura si hay una remota posibilidad de llevar el avión a una altura menor y más segura). Él estaría respirando a través de su máscara de oxígeno, de manera que antes de gatillar el asiento debe desconectar su tubo de oxígeno del abastecimiento del avión. Hace ésto e inmediatamente conecta el tubo a una pequeña botella de oxígeno usada para el salto, ajustada a su pierna. Luego, tira de un botón verde del tamaño de una pelota de golf cerca de la parte de arriba de la botella. Esto rompe un sello que permite al oxígeno fluir dentro de la máscara. Tan pronto como vuela el techo de la cabina fuera del avión, su traje de presión parcial se infla automáticamente, protegiéndole de la baja presión del aire de afuera. Ahora está listo para expulsar el asiento. Gatilla y en un segundo su cinturón y correas de seguridad se rompen y él se separa del asiento. Pero todavía su paracaídas no se abre, *ni debe tratar de abrirlo.* Si lo hace sería fatal. Primero, su velocidad de caída rasgaría el paracaídas destrozándolo. Además, el shock de apertura, si cayera a más de 300 millas por hora, lo sacudiría con tal fuerza que rompería sus huesos. Pero aún si el piloto y el paracaídas pudieran soportar el sacudón de apertura, existirían otros peligros. En un paracaídas abierto, le llevaría al piloto *treinta minutos* para descender a la tierra desde una altura de 50.000 pies. Durante parte de este largo salto, estaría a merced de temperaturas de —50° F. Un segundo peligro y posiblemente fatal: su provisión de oxígeno de emergencia ajustado a su pierna, sólo duraría nueve minutos. En el momento en que se acabe, aún estaría flotando mucho más arriba del aire más denso y rico en oxígeno que se encuentra a menor altura.

Por estas razones (falta de oxígeno, intenso frío a gran altura, y el grave shock de apertura de su paracaídas), el piloto no debe



tratar de abrir su paracaídas inmediatamente después de la expulsión a gran altura. En realidad no necesita hacer nada. Su paracaídas está diseñado para abrirse justamente en el momento debido. Luego de unos dos minutos en los que el piloto ha "caído libremente" a 15.000 pies, su paracaídas se abrirá automáticamente. Un pequeño artificio de aire a presión construido dentro del paracaídas es sensible a las 13,9 libras de pulgada cuadrada de presión atmosférica a 15.000 pies y abre el paracaídas. Este mecanismo juzga mucho mejor la altura que los ojos del piloto.

Como los aviones continúan volando más alto y a mayor velocidad, el problema del salto se vuelve más serio. Al igual que en los experimentos de tolerancia del calor, ruido y encierro, co-



Si un piloto del avión cohete de investigación X-15 tiene que "saltar", lo hace gatillando un asiento eyectable cohete. Cuando el piloto está en la correcta posición en su asiento, una ráfaga cohete le dispara fuera del avión. Dos aletas estabilidoras y brazos estabilizadores salen y de esta forma impiden que el asiento gire. A 15.000 pies el descanso de la cabeza estalla en libertad quitando los protectores de hombros que mantienen al piloto en el asiento. El descanso de la cabeza hace que se abra el pequeño paracaídas piloto, el que tira el paracaídas principal. El paracaídas principal a su vez libera al piloto de su asiento y lo desciende a la tierra.

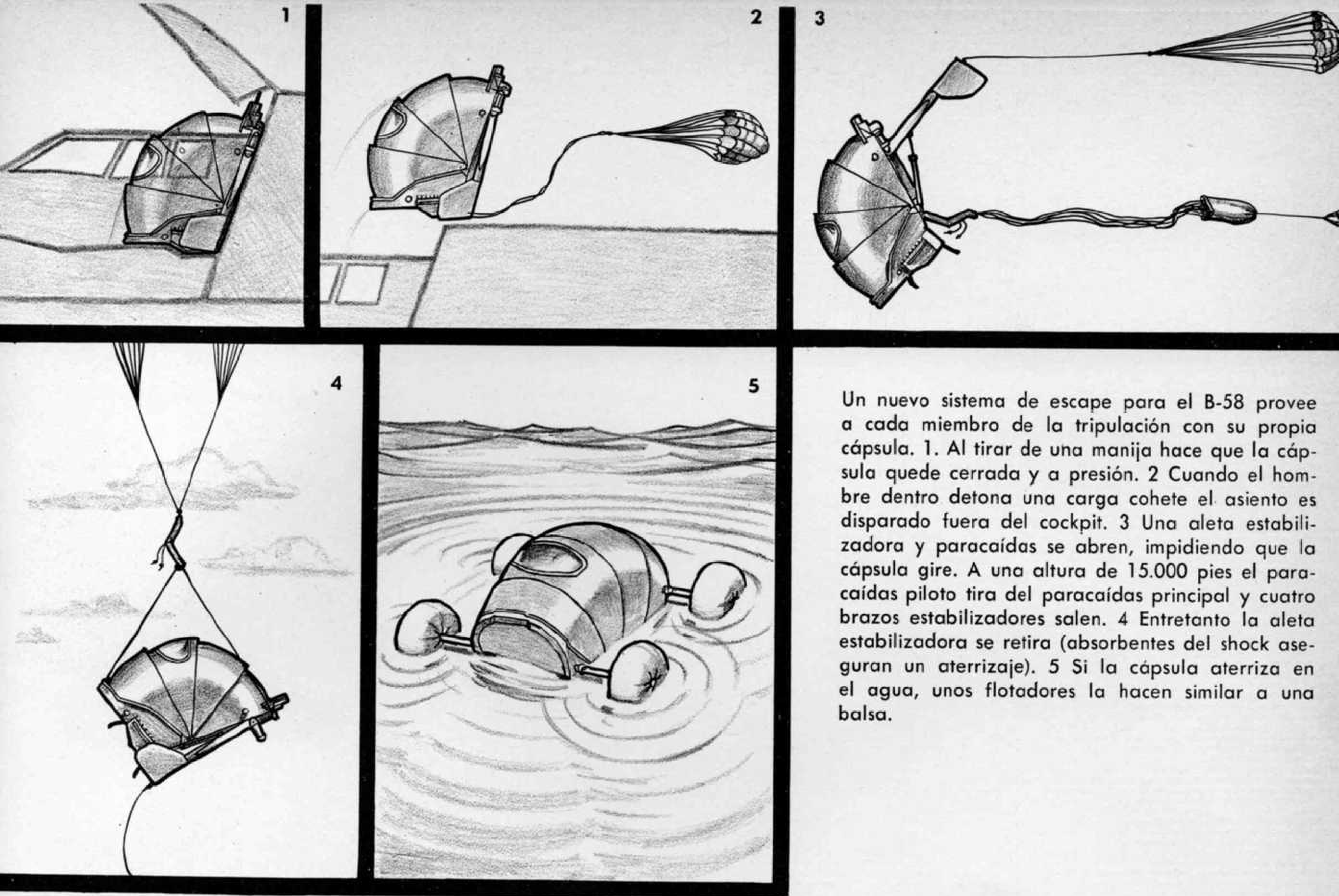
nejitos de la India humanos se someten a expulsiones de gran altura. El fin de estos experimentos de salto: saber más sobre las fuerzas que se apoderan de los pilotos durante la expulsión, y descubrir las mejores formas de protegerlos contra estas fuerzas. Entre los experimentadores están el teniente coronel Vincent Mazza, el capitán Henry P. Nielsen (retirado), el mayor Edward G. Sperry, el oficial Victor James, y el sargento mayor George Post. El trabajo de estos hombres fue averiguar por qué hubo tantos muertos y heridos de gravedad entre los pilotos que habían tenido que saltar (ver tabla indicando lo que la Fuerza Aérea averiguó sobre un total de 2.502 expulsiones hechas hasta 1963).

NÚMERO TOTAL DE EXPULSIONES: 2.502

NÚMERO DE EXPULSIONES	¿QUÉ SUCEDIÓ?	PORCENTAJE
1.257	Ningún daño	50
450	Muerte	18
396	Daños menores	16
399	Daños mayores	16

ALTURA DE LAS 2.502 EXPULSIONES

ALTURA (EN PIES)	NÚMERO DE EXPULSIONES	MUERTES	PORCENTAJE DE EXPULSIONES FATALES
0- 1.000	379	214	56
1.000- 2.000	298	45	15
2.000- 3.000	186	19	10
3.000- 5.000	305	13	4
5.000-10.000	533	20	4
10.000-20.000	497	30	6
mas de 20.000	207	21	10
desconocida	97	88	91



Un nuevo sistema de escape para el B-58 provee a cada miembro de la tripulación con su propia cápsula. 1. Al tirar de una manija hace que la cápsula quede cerrada y a presión. 2 Cuando el hombre dentro detona una carga cohete el asiento es disparado fuera del cockpit. 3 Una aleta estabilizadora y paracaídas se abren, impidiendo que la cápsula gire. A una altura de 15.000 pies el paracaídas piloto tira del paracaídas principal y cuatro brazos estabilizadores salen. 4 Entretanto la aleta estabilizadora se retira (absorbentes del shock aseguran un aterrizaje). 5 Si la cápsula aterriza en el agua, unos flotadores la hacen similar a una balsa.

Las preguntas que acosaban al coronel Mazza y sus colaboradores eran: 1) ¿Qué fallaba durante el salto?, y 2) ¿Por qué el piloto cometía la falta particular que llevaba a la muerte o que le causaba serios daños?

En expulsiones de baja altura (debajo de los 1.000 pies), la mayoría de los pilotos simplemente no tenía suficiente tiempo o altura como para hacer una expulsión exitosa. Este es el por qué el cincuenta y seis por ciento de estas expulsiones terminan con la muerte del piloto. En los preciosos segundos que necesita para ajustarse a su asiento y gatillarlo, puede caer unos quinientos pies. En el momento en que explota fuera de la aeronave su paracaídas no tiene tiempo suficiente para abrirse antes de estrellarse contra el suelo. Pero se ha desarrollado un sistema mejorado de escape a poca altura y ha sido instalado en la mayoría de las naves jet. El sistema está construído alrededor de un asiento cohete tripulado opuesto al asiento expulsado por una carga de pólvora. Los ingenieros de la Fuerza Aérea esperan que el nuevo asiento cohete tripulado reduzca notablemente el cincuenta y seis por ciento de las muertes.

En agosto de 1944, la Fuerza Aérea permitió a uno de sus científicos militares, el teniente coronel Melbourne W. Boynton, saltar desde una altura de 42.000 pies. Boynton quería demostrar que un hombre podría sobrevivir en un salto en paracaídas así, sin

daño físico alguno. Los observadores que le seguían se inquietaron luego de los primeros segundos en los que no se abrió el paracaídas. Jamás se abrió. Cuando encontraron su cuerpo estrellado en un campo de trigo de Ohio concluyeron que el coronel ni siquiera había intentado abrirlo. ¿Por qué? —se preguntaban.

El coronel Mazza y otros que llevaron a cabo investigaciones de saltos a gran altura conocen bien las fuerzas crueles que se apoderan de un hombre durante una caída libre a gran altura —fuerzas que pueden debilitar o aturdir a un hombre de tal manera que no le importa si su paracaídas se abre o no. Sin un libro instructor que le sirviese de guía, Mazza, en 1950, se ató a un pequeño asiento (no expulsor) y saltó de un viejo bombardero B-17 a 25.700 pies. Un pequeño paracaídas que se abría sobre el asiento fue diseñado para detener las vueltas de cabeza-sobre-pies que producen fuerzas positivas y negativas poderosas. El pequeño paracaídas detuvo los tumbos satisfactoriamente, pero Mazza se encontró girando sin control en una "silla de barbero". Cuando tocó el suelo estaba terriblemente mal y con un lacerante dolor de cabeza que le duró varias horas. Luego de unos pocos saltos más y tentativas de parar los giros del asiento (adosándole pequeñas aletas, desistió, decidiendo que el hombre podría ser capaz de controlarse a sí mismo fuera del asiento mejor que en él).

Para precisar, Mazza ha hecho más de treinta saltos para probar asientos expulsadores, ropajes y otros equipos. Una de las más enervantes experiencias que un piloto pueda hacer, dice Mazza, es saltar a velocidad supersónica en un asiento expulsor sin estabilizar. El chorro de aire puede asestar al piloto un golpe de muerte al darle con todo el "aparejo" (su tubo de oxígeno, sujetadores, etc.) unido y ajustado a su traje. En un asiento inestable, el hombre comenzaría a dar vueltas y a girar violentamente. Además, sentiría una deceleración aplastante al detenerle el viento. En un chorro de aire de 640 libras por pulgada cuadrada, los brazos y piernas de un hombre escapan al control muscular. Sería un asunto muy fácil para la combinación de tumbos y giros darle al piloto 30 *g* negativas, lo suficiente para matarlo. Por esta razón, la Fuerza Aérea aconseja a sus pilotos no saltar si están volando a más de 700 millas por hora.

Cuando Mazza describe las sensaciones que ha sentido durante saltos a gran altura, habla como un hombre que disfruta de su trabajo. "Usted esperaría, dice, tener una pronunciada sensación de caída, pero no la tiene; por lo menos yo no la tengo. Endurezco mi cuerpo casi recto, pero doblo levemente la cintura para formar una V abierta. Luego, con mis brazos cruzados sobre mi pecho, como una momia, caigo libremente. De la única forma que

sé que estoy cayendo es porque el viento rasga mis pantalones al empujar contra ellos. Ni siquiera nota que la tierra viene hacia usted. Al menos yo no lo noto hasta que estoy a unos diez mil o seis mil pies. Luego comienza a cerciorarse si su paracaídas está o no abierto. Yo he descubierto que controlo los tumbos bastante bien, simplemente despegando los codos de mis costados. Los giros —planos—, cuando usted gira en una posición similar al águila, ya sea sobre su espalda o sobre su estómago, son más difíciles de controlar. Todo lo que puede hacer es comenzar a arañar con sus brazos y patalear con sus pies contra los giros. Durante las vueltas se oye un *swish-swish-swish* de viento dentro de su casco. La velocidad de los swish le indican qué rápidamente da vueltas. Si usted cae libremente y controlándose, trate de sacar un brazo o pierna hacia afuera levemente y ésto le lanzará en locos giros.

"Supongo que todo esto suena bastante peligroso. Y puede serlo si un hombre no sabe qué hacer durante una larga caída libre. Los franceses y rusos lo han tomado como deporte. Por años han estado saltando a grandes alturas y haciendo figuras durante la caída libre. Nosotros no recomendamos esto a nuestros pilotos."

Desgraciadamente, pocos pilotos son capaces de enfrentar saltos a gran velocidad y altura con la confianza que la experiencia le ha dado al coronel Mazza a través de los años. Mazza y otros esperan ansiosamente el día en que el asiento expulsor tome su lugar en el museo entre las hélices de madera, reminiscencias de los antiguos días de vuelo. Entre los más promisorios recursos de escape a gran altura y velocidad de que se habla, está la idea de la cabina-cápsula —hoy en uso limitado. En una emergencia, la nariz del avión —que contiene al piloto, su oxígeno, sistema a presión, e instrumentos— se separaría del resto del avión. Aletas y un pequeño paracaídas piloto estabilizarían la cápsula durante el período de deceleración. Cuando descendiera lo suficiente, un paracaídas grande se hincharía bajando la cabina suavemente hasta el suelo. O si la cápsula descendiera sobre agua, flotaría como un pequeño bote.

Salto desde 300.000 pies

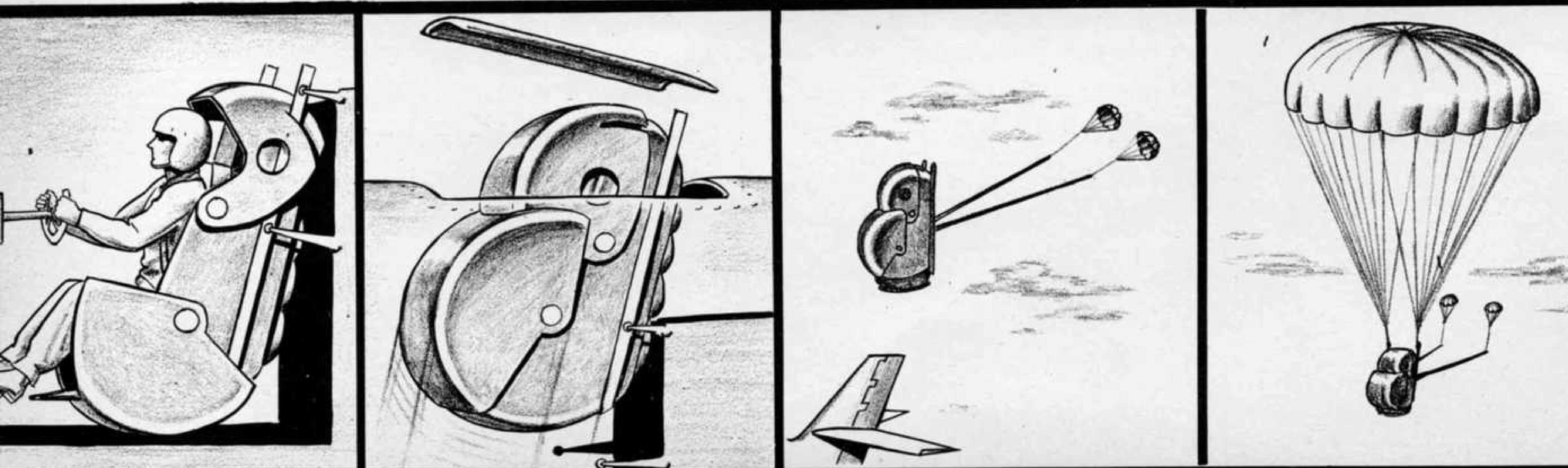
Hasta aquí hemos estado hablando de saltos a alturas relativamente bajas. Sin embargo, no transcurrirá mucho tiempo sin que la aviación en vuelos de rutina siga su ruta a cincuenta millas y más sobre nuestro planeta. Considerando este futuro día, Fritz Haber ha registrado algunas escalofriantes informaciones sobre lo que podría pasarle a un piloto que saltara en las últimas etapas de la atmósfera terrestre. Pero antes de forzar a nuestro piloto

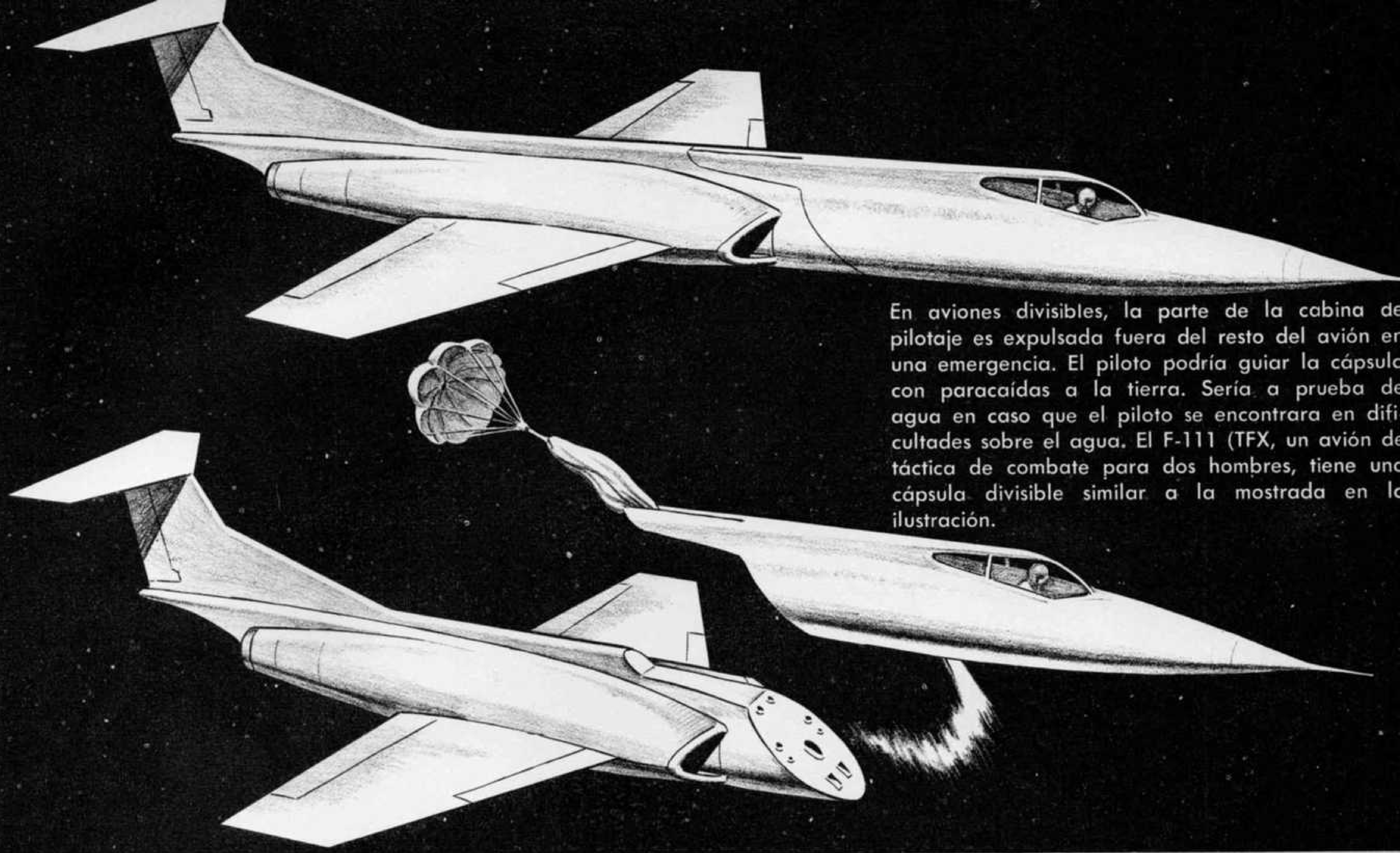
a caminar a una altura de 300.000 pies, y a la velocidad de 10 Mach (¡diez veces la velocidad del sonido!), una palabra sobre los objetos que caen de elevadas alturas.

Supongamos por un momento que una mano grande e invisible que está suspendida inmóvil sobre nuestro planeta puede dejar caer un peso desde una altura que conocemos. Si a este peso lo dejan caer de 100.000 pies (unas diecinueve millas), adquirirá velocidad a un promedio de 32,2 pies por segundo cada segundo durante su caída, pero sólo en las primeras etapas de la caída. En un punto la atmósfera terrestre comenzará a detener el peso, de la misma manera que disminuyen su velocidad los meteoros que se sumergen en la atmósfera. Liberado desde 100.000 pies, el peso llegaría a una velocidad tope de 500 millas por hora antes que el aire más denso y bajo comenzara a reducir su velocidad. En el momento en que se estrellara en la tierra el aire habría reducido su velocidad a unas 100 millas por hora. *Desde cualquier altura que caiga un objeto nunca dará en tierra a una velocidad mayor de unas 100 millas por hora.*

Ahora dejemos caer un segundo peso —desde 163.500 pies, o desde unas treinta y una millas. Éste alcanzará una velocidad tope de unas 900 millas por hora (la velocidad de un avión jet), antes que el aire a menor altura y más denso comience a detenerlo. Un tercer peso dejado caer desde 300.000 pies (unas cincuenta y siete millas), alcanzará una velocidad tope de unas 2.000 millas por hora antes que la resistencia del aire comience a detenerlo a unas 100 millas por hora. Librado a una altura de varios miles de millas, un cuarto peso alcanzaría una velocidad de unas 25.000 millas por hora antes de ser detenido por la resistencia del aire. Esta velocidad es *velocidad de escape* —la explosión de velocidad que un cohete necesita para escapar de la atracción gravitacional de la tierra. No importa a qué distancia de nuestro pla-

El sistema de escape del B-70 es similar al del B-58. Ambos poveen a cada miembro de la tripulación con un medio de "camisa-manga". (En ambos sistemas de escape —a diferencia del X-15— los miembros de la tripulación no necesitan un traje a presión total.) Luego que el piloto gatilla para expulsar, el resto es automático. Una carga cohete libera la cápsula del avión. Dos brazos estabilizadores con pequeños paracaídas impiden el giro de la cápsula. A 15.000 pies el paracaídas principal se abre por medio de un pequeño paracaídas piloto. Una almohadilla de gas asegura un suave aterrizaje en la tierra. Si la cápsula aterriza en agua, flota sobre la parte de atrás.





En aviones divisibles, la parte de la cabina de pilotaje es expulsada fuera del resto del avión en una emergencia. El piloto podría guiar la cápsula con paracaídas a la tierra. Sería a prueba de agua en caso que el piloto se encontrara en dificultades sobre el agua. El F-111 (TFX, un avión de táctica de combate para dos hombres, tiene una cápsula divisible similar a la mostrada en la ilustración.

neta comience a caer un objeto; su velocidad tope jamás será mayor de unas 25.000 millas por hora. La atracción gravitacional de la tierra no es lo suficientemente fuerte como para atraer un objeto hacia la tierra a más velocidad que ésta.

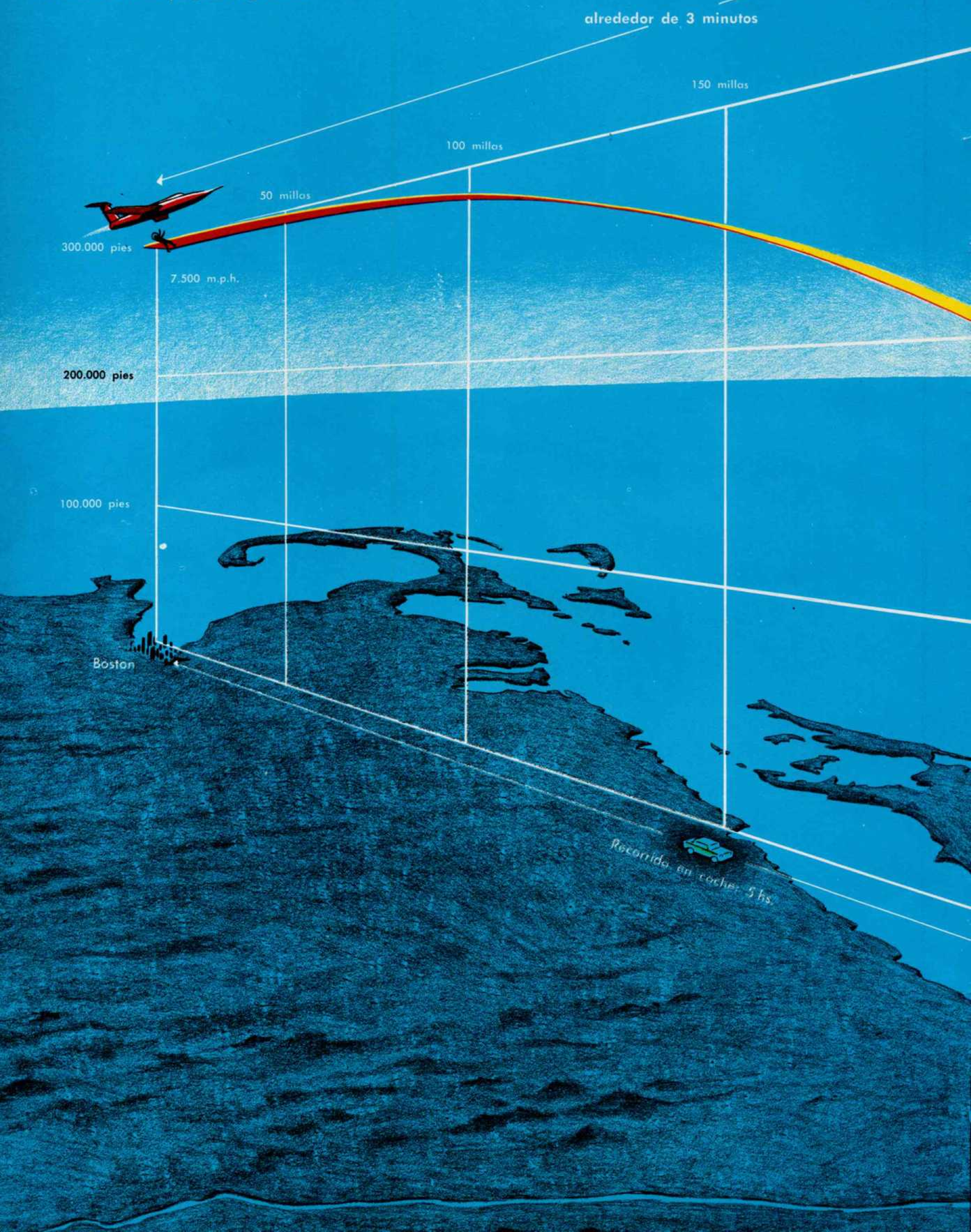
Si un hombre saltara de una imaginaria plataforma a 300.000 pies de altura, su cuerpo alcanzaría una velocidad de 2.000 millas por hora en el momento en que se encontrara a más de la mitad del camino. En los próximos treinta segundos, en tanto que su cuerpo cae unos 50.000 pies adicionales, la resistencia del aire reduciría bruscamente su velocidad a unas 500 millas por hora. Esto produciría una deceleración que llegaría a 4 *g*, no particularmente grave, como vimos en el segundo capítulo. ¡Pero si el hombre cayera hacia la tierra desde el espacio, escontraría una fuerza de deceleración de unas 300 *g* al introducirse en el aire de menor altura y mayor densidad! Esto lo mataría instantáneamente. La colisión de su cuerpo con la atmósfera a esta velocidad tendría el impacto de un avión estrellándose contra una montaña.


Ahora que hemos mencionado las velocidades de objetos en caída desde grandes alturas, y la deceleración que encuentran al entrar en el aire más denso y de menor altura, averiguaremos el destino de nuestro piloto forzado a saltar desde 300.000 pies. Le seguiremos hasta la tierra y veremos qué le sucede en el camino. Recuérdese, además, que la gravedad que le atrae hacia la tierra tendrá la velocidad de su avión, 7.500 millas por hora (10 Mach).

Unos pocos párrafos atrás hemos visto que el chorro de aire

SALTO A 300.000 PIES A UNA VELOCIDAD DE 10 MACH

Ver texto en la página siguiente.

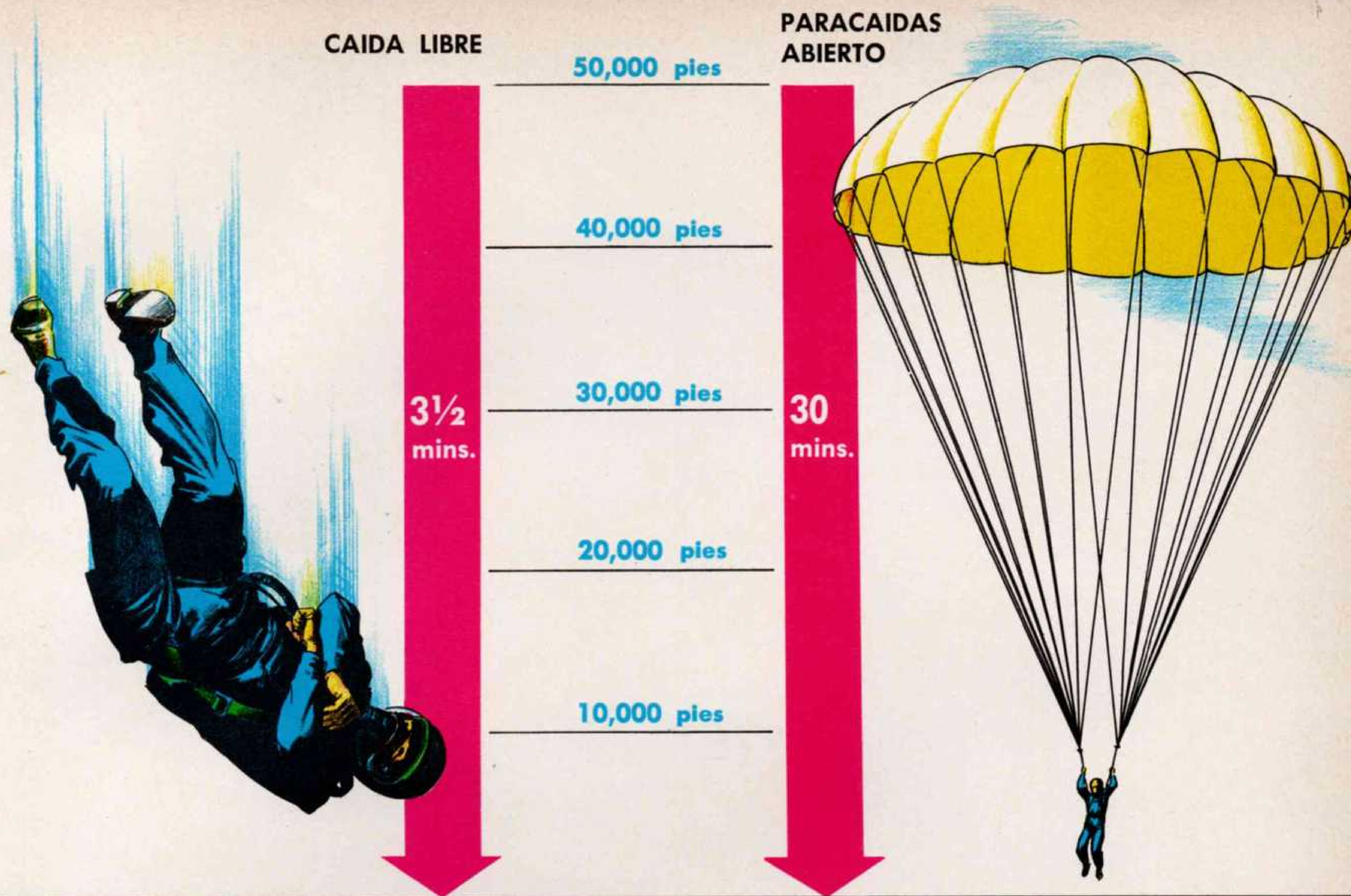



250 millas
300.000 pies
200 millas
200.000 pies
140.000 pies
3.700 m.p.h.
700 m.p.h.
100.000 pies
375 m.p.h.
75.000 pies
alrededor de 9 minuto
50.000 pies
185 m.p.h.
15.000 pies
Nueva York

durante una expulsión a alta velocidad y poca altura puede dejar inconsciente al piloto y romper sus huesos. A 300.000 pies el aire es tan fino que nuestro piloto no sería molestado por el chorro de aire en absoluto. Aunque estuviera volando a 10 Mach podría subir a las alas de su avión cohete y caminar sobre ellas. ¡El chorro de aire a esta altura es sólo de veinticinco millas por hora! Para estar en pie sobre el ala, sin embargo, necesitaría un traje totalmente a presión que le protegiera del casi vacío a esa altura. También su traje a presión tendría que ser caldeado para evitar que se helara en el intenso frío. Al saltar del ala de su veloz avión, su cuerpo correría hacia la tierra a unas 7.500 millas por hora, la velocidad de su avión. Caería en una larga curva similar al recorrido de una bala (por su velocidad inicial además de la gravedad que le arrastra hacia la tierra).

Durante el primer minuto de su caída estaría casi sin peso. El tenue aire a esta altura ofrecería tan poca resistencia a su cuerpo que su peso de 150 libras estaría reducido a 15 libras (una velocidad de 10 Mach a 300.000 pies cancela el 90 por ciento de la atracción gravitacional de la tierra). En los próximos dos minutos y medio cae a 140.000 pies —casi a medio camino de la tierra. Aquí el aire es lo suficientemente denso como para reducir su velocidad a 5 Mach, o a unas 3.700 millas por hora. Esta deceleración aumentará su carga *g* a unas 7 *g*. En otras palabras, su cuerpo estará empujado contra el aire con una fuerza de más de 1.000 libras. En el momento en que ha descendido a 100.000 pies, pierde gran parte de su velocidad; continúa cayendo a sólo 700 millas por hora. A esta altura el chorro de aire es de sesenta millas por hora. Por su reducida velocidad, su carga *g* a 100.000 pies, disminuye a 2 *g*. En el próximo minuto de caída libre, al entrar en aire cada vez más denso, el chorro de aire se duplica a unas 120 millas por hora —fuerza de huracán. Pero su fuerza no aumenta en el resto del viaje. En cuanto se halle a 75.000 pies, su velocidad disminuye a unas 375 millas por hora. A 50.000 pies, disminuye a unas 185 millas por hora. En el momento en que cae a 15.000 pies, su velocidad se ha reducido lo suficiente como para abrir su paracaídas sin riesgos. Cuando sus pies tocan el suelo, el piloto está a unas 250 millas del lugar en que dejó su aeronave. ¡Si saltara sobre Boston, tocaría el suelo justo fuera de la ciudad de Nueva York, un camino de cinco horas en automóvil! Tiempo total de su arrojado salto: unos doce minutos.

Si por alguna razón nuestro piloto fuera presa de pánico y abriera su paracaídas a 100.000 pies, su vida se apagaría en corto tiempo. En medio segundo su velocidad se reduciría de 700 a 600 millas por hora. Este violento sacudón daría al piloto 60 ó 65 *g*.



—lo suficiente como para romper cada hueso de su cuerpo y desgarrar su paracaídas. O, si comenzara a dar tumbos y girar a gran altura, las fuerzas *g* mixtas podrían matarle.

Ningún piloto con el equipo que tiene hoy sobreviviría en un salto desde 300.000 pies, aun si evitara los tumbos y giros y permitiera a su paracaídas abrirse automáticamente a 15.000 pies. La razón: como un meteoro, se consumiría por el calor friccional —a no ser que estuviera protegido por un traje de vuelo de puro acero, con cubierta cerámica, o tuviera una docena o más de paracaídas especiales diseñados para reducir la velocidad en etapas, impidiéndole que se queme. Esto nos trae nuevamente a una cápsula especial de salto, equipada con controles de freno de aire, oxígeno, aire a presión y paracaídas para descender seguramente hasta el suelo. La última idea sobre este tema, por Krafft Ehricke y otros científicos espaciales, es que una cápsula sería algo más útil que un traje a presión total en el "profundo espacio". Si es posible de alguna forma, dicen estos hombres, que el piloto de una nave dañada pueda permanecer en ella.

Pero ahora dirijamos nuestra atención a otra clase de sistema de "escape" —el que será usado para poner al hombre en el espacio y mantenerle vivo durante las largas semanas que pasará viajando a otros planetas de nuestro sistema solar.





A los planetas

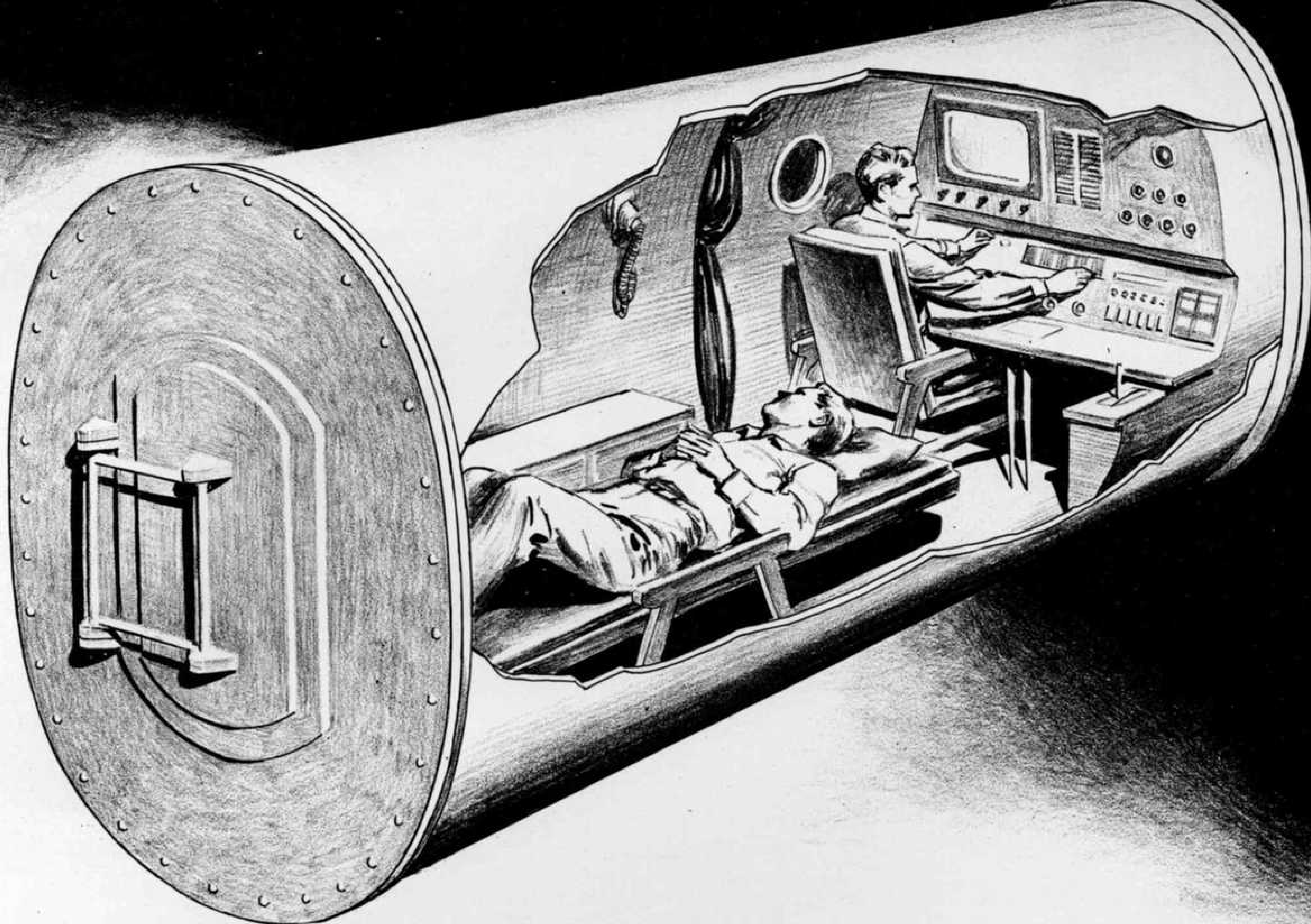
Con satélites hechos por el hombre, circundando la tierra, la posibilidad del vuelo espacial ya no es remota o fantástica, El hombre está definitivamente en su camino al espacio, primero en una órbita terrestre, luego en una órbita lunar, luego en la de los otros planetas. Más allá, ¿quién puede decir? —comandante George W. Hoover, anteriormente del Depto. de Investigaciones Navales. (De una conferencia ante la Sociedad de Cohetería Americana.)

Cada año el hombre extiende su acceso al espacio. Al examinar cada vez más profundamente los fríos, el silencio, y los oscuros límites de la atmósfera terrestre, se encuentra con la mayoría de las fuerzas que hallará en el espacio interplanetario. Algunas de estas fuerzas pueden duplicarse en la tierra y así proveerse de un pre-panorama de la vida espacial. En el laboratorio, por ejemplo, se puede construir una cabina espacial hermética que contenga la mezcla de aire y presión, temperatura y los alimentos que requerirá en un viaje espacial. Y puede encerrarse en esta cabina por el lapso de tiempo que le tomaría llegar a la Luna o a Marte y volver. Iluminando y oscureciendo su laboratorio espacial puede crear artificialmente día y noche, y de esta manera regular su tiempo para dormir, trabajar y para la relajación. En el espacio, tendrá que crear su propio ciclo día-noche, porque en el espacio encontrará oscuridad eterna. El sol jamás sale, jamás se pone. Cuelga sin movimiento, una brillante antorcha contra un cielo de azabache salpicado de estrellas.

Otras condiciones que encontrará en el espacio no las puede duplicar en el laboratorio. El peculiar estado de supresión del peso, llamado gravedad cero, por ejemplo. En una nave espacial los objetos sueltos flotarán por la cabina si no se los sujeta. El sistema nervioso, los músculos y la mente de algunos hombres no son capaces de ajustarse a prolongados períodos de gravedad cero. En veloces aviones de combate jet —laboratorios de vuelo—, los pilotos pueden volar una cuidadosamente controlada curva en picada y producir ausencia de peso por unos cuarenta segundos. Los vuelos de gravedad cero han enfermado violentamente a sujetos de prueba (¿pero fue la condición de gravedad cero, o las rápidas picadas y ascensos del avión los que produjeron la enfermedad? —es lo que los científicos quieren saber). Aunque otros han disfrutado de la sensación de ausencia de peso y se adaptaron a ella perfectamente, tal como lo hicieron todos los astronautas americanos que giraron en órbita alrededor de la tierra. Pero para precisar no tenemos forma de saber si estos hombres continuarán disfrutando de la sensación por semanas o meses de una vez.

Otra condición espacial que no podemos duplicar en el laboratorio es la radiación cósmica. Muy alto en la atmósfera terrestre, y más allá, diminutas balas atómicas, llamadas rayos cósmicos, bombardearán a los viajeros del espacio. Cómo será capaz el hombre de soportar esta continua cortina de partículas atómicas provenientes del Sol y de otras estrellas de la galaxia, no lo sabemos.

Aun aquellas condiciones espaciales que podemos reproducir en el laboratorio tienen sus ventajas. Si a los sujetos de prueba humanos encerrados en una cabina hermética por una semana o



Cabina experimental hermética para dos hombres de la Escuela de Medicina Aeroespacial. La cabina, de ocho por doce pies, está diseñada para simular condiciones de vuelo espacial. Una vez encerrados dentro los hombres respiran y vuelven a respirar el mismo aire y beben y vuelven a beber la misma agua por períodos de hasta un mes. La cabina se usa para estudiar las reacciones psicológicas y fisiológicas del hombre en largos períodos de aislamiento.

mes les da pánico, siempre son libres de terminar el experimento. En el profundo espacio no habrá reacciones de pánico, ni arrepentimiento.

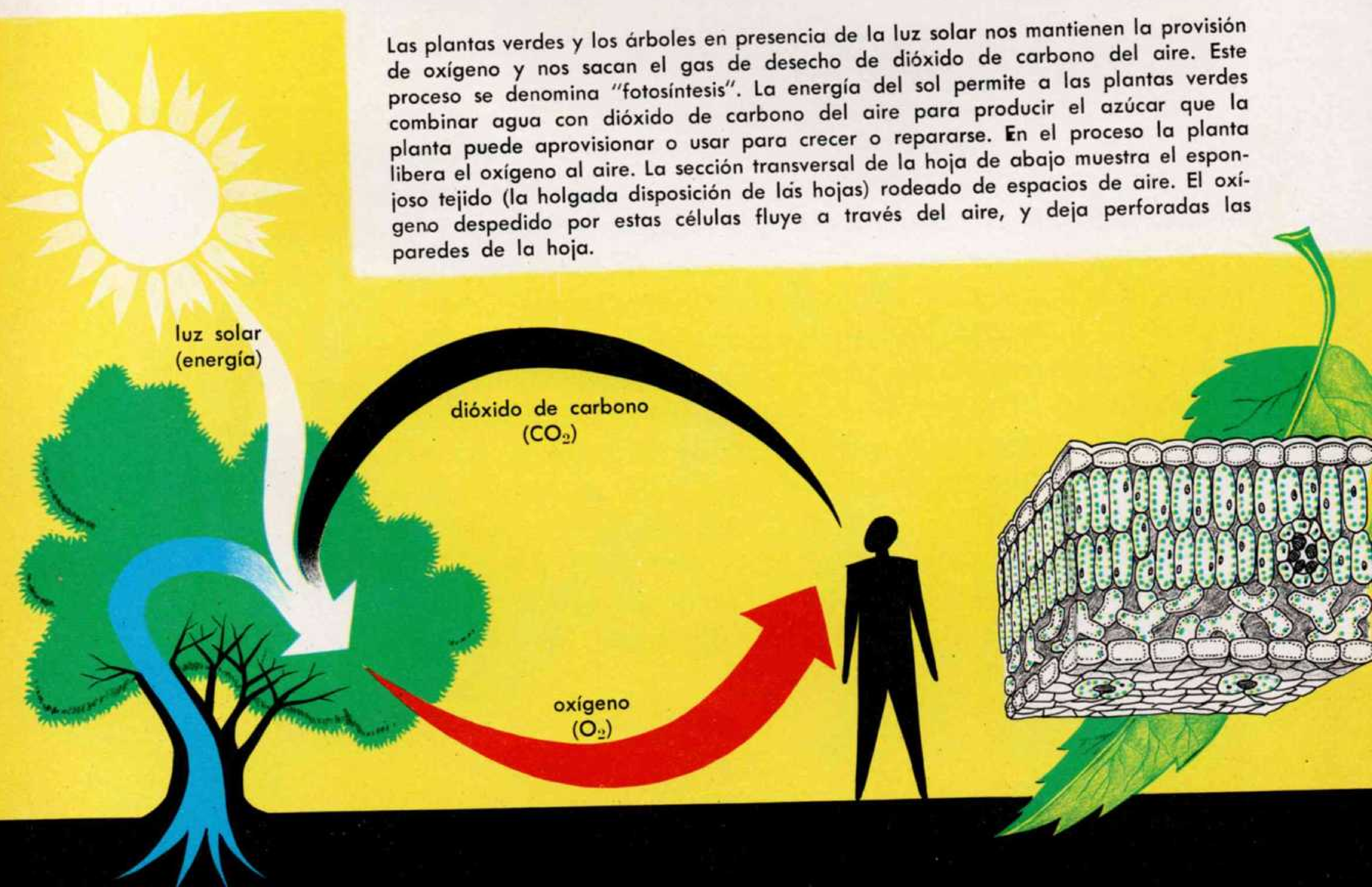
La cabina hermética

En el segundo capítulo encontramos que a una altura de 50.000 pies el hombre ya no puede respirar, a menos que esté en una cabina a presión. A esta altura la presión de los gases de desecho (vapor de agua y dióxido de carbono) en los pulmones iguala a la presión del oxígeno que trata de entrar en ellos. Abreviando, a 50.000 pies se hace imposible para el hombre respirar; simplemente no hay más lugar para que el oxígeno entre en los pulmones. Esta condición se denomina anoxia y se encontraría en las superficies sin atmósfera de la Luna y de Mercurio. También se encontraría en la superficie de Marte. A nivel de la tierra de Marte se cree que la presión atmosférica es la misma que la que se encuentra a 57.000 pies sobre nuestro planeta.

A una altura de 63.000 pies (doce millas) sobre la tierra, encontramos aún otra condición espacial. A esta altura la presión

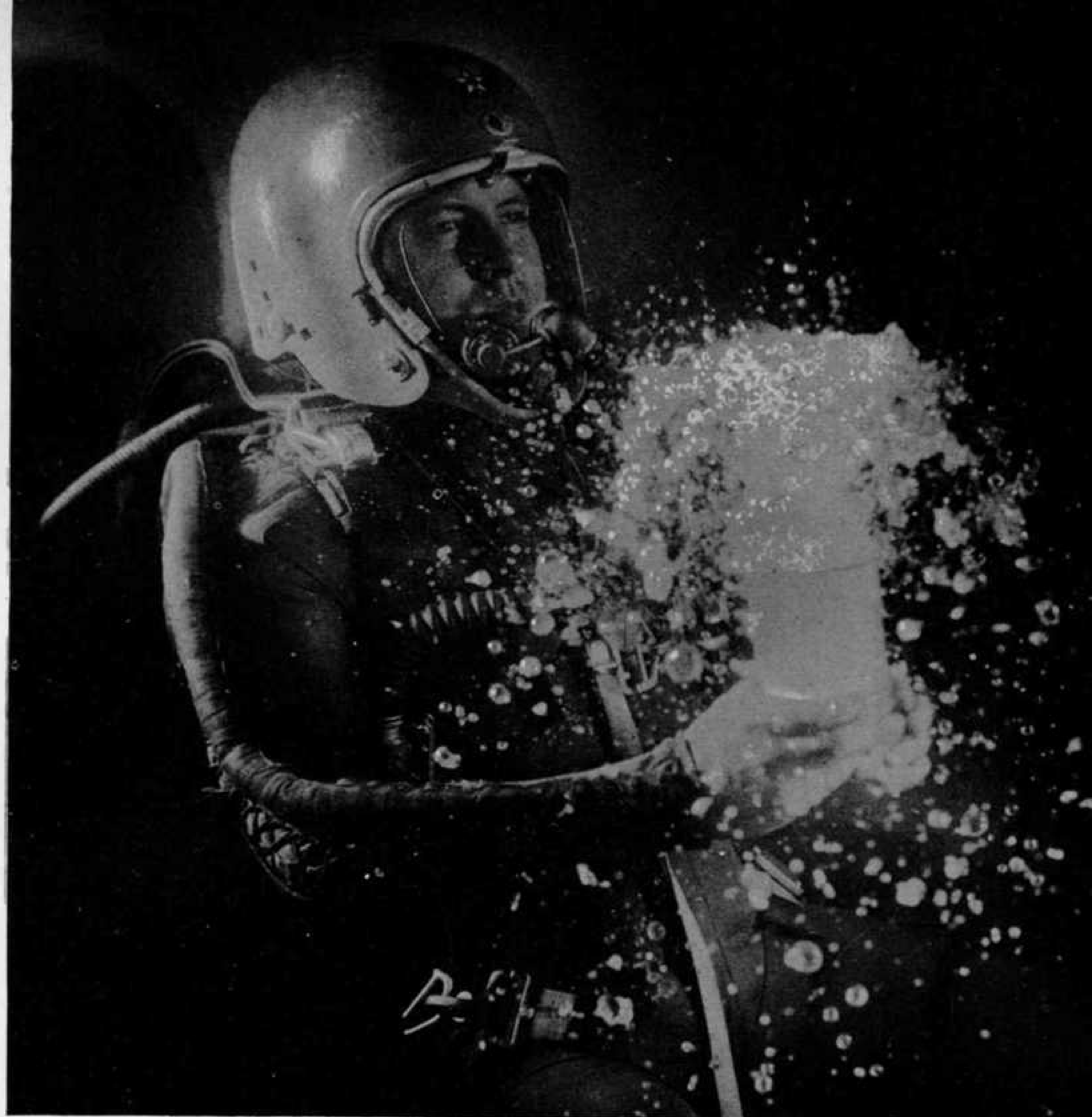
del aire es tan baja que los fluidos de nuestro cuerpo se escurrirían a través de la piel y se evaporarían o "hervirían". Pero esta es una clase especial de "hervor". De acuerdo con el Dr. Strughold: "Si se habla de hervir algo, la gente, por lo general, piensa en un huevo hirviendo en agua, o en carne hirviendo en salsa, y se imagina que el mismo cuerpo debe hervir en sus fluidos a 63.000 pies. Cuando usted hierve carne o un huevo, el intenso calor del agua cocina las proteínas, cambiándolas químicamente. Pero el calor que vaporiza el agua a doce millas sobre la tierra no es mayor que el calor normal del cuerpo. Lo que sucede es simplemente que los fluidos en el cuerpo se evaporan y desvanecen en el vacío que los rodea. Un ser humano librado a su suerte en el espacio, sin protección contra la falta de presión, se deshidrataría totalmente como una pasa de ciruela. Su cuerpo sería preservado allí por siempre —una especie de momia espacial."

Subiendo aún más, de 70.000 a 80.000 pies (catorce millas), hasta 140.000 pies (veintiséis millas), pesadas moléculas de oxígeno llamadas ozono (O_3) son producidas por la radiación ultravioleta del sol. No muchos años ha se creía que el ozono era bueno para nuestra salud. Se puede oler ozono algunas veces después de una tormenta de lluvia. En Europa, en un tiempo el ozono se usaba en los colegios para "purificar el aire". Hoy sabemos que este gas de gran altura es tóxico o venenoso —cien veces más venenoso que el gas de monóxido de carbono que sale del escape de un automóvil. Es un fuerte irritante y si usted respira aún una



Las plantas verdes y los árboles en presencia de la luz solar nos mantienen la provisión de oxígeno y nos sacan el gas de desecho de dióxido de carbono del aire. Este proceso se denomina "fotosíntesis". La energía del sol permite a las plantas verdes combinar agua con dióxido de carbono del aire para producir el azúcar que la planta puede aprovisionar o usar para crecer o repararse. En el proceso la planta libera el oxígeno al aire. La sección transversal de la hoja de abajo muestra el esponjoso tejido (la holgada disposición de las hojas) rodeado de espacios de aire. El oxígeno despedido por estas células fluye a través del aire, y deja perforadas las paredes de la hoja.

Un reventón de burbujas de agua en espumante danza cuando la presión atmosférica en una cámara de altura desciende a la que se encuentra a 63,000 pies. A esta altura, al igual que el agua, los fluidos de su cuerpo cambiarían del estado líquido al gaseoso si usted no estuviera protegido por un traje de presión parcial.



pequeña cantidad de él por varias horas, hincha sus bronquios y pulmones y puede producir la muerte por sofocación.

"El cielo", entonces, no es el límite para los aviones cohete tripulados con cabinas convencionales a presión que absorben el aire fuera del avión y lo comprimen para respirar. La capa venenosa de ozono que comienza entre los 70.000 y los 80.000 pies, establece un límite mayor para las cabinas a presión que comprimen el aire de afuera. Para navegar a alturas mayores en el espacio, donde no hay aire en absoluto, el hombre necesita una clase diferente de cabina —la cabina hermética.

La cabina hermética es un compartimiento completamente cerrado, que no permite la entrada de aire. Una vez que la puerta de la cabina se cierra antes del despegue para un largo viaje, no se abrirá hasta que la tripulación llegue a su destino y vuelva a la tierra. El aire que contiene al despegue será usado y re-usado por la tripulación durante el vuelo entero. Durante el viaje no puede ser introducido aire fresco ni puede ser desechado aire viciado.

Una cabina como ésta, está preparando hombres para el vuelo espacial en la Air Force School of Aerospace Medicine. La cabina está diseñada: 1) para proveer al hombre de presión atmosférica confortable y de aire respirable; 2) disponer de los gases que exhala, transpiración y desechos corporales; 3) mantener confortables niveles de temperatura y humedad.

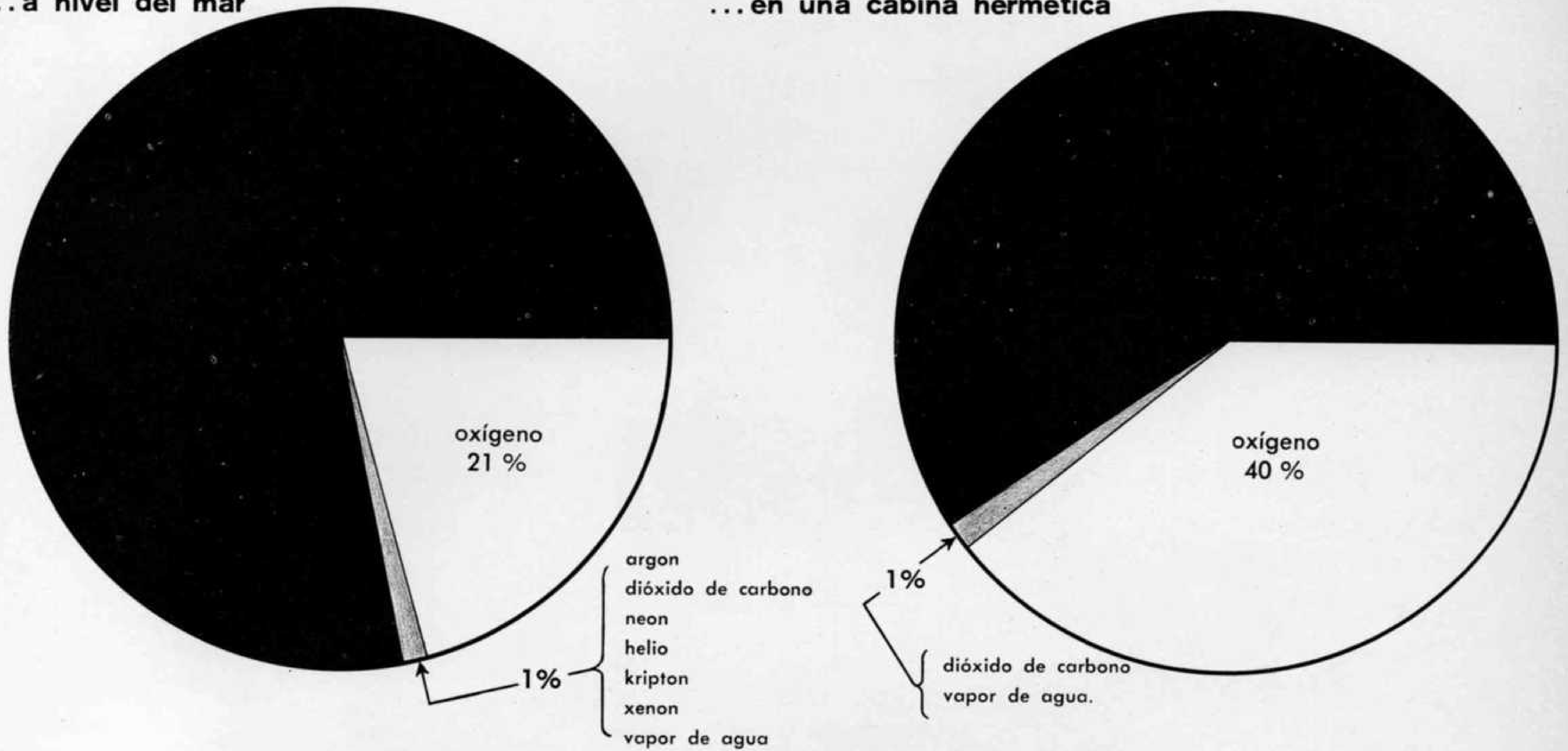
Al aire libre la naturaleza hace todas estas cosas por usted.

Respiramos una mezcla del veintiuno por ciento de oxígeno, setenta y ocho por ciento de nitrógeno, y uno por ciento de otros gases. El verdor de la naturaleza —árboles, césped y arbustos— constantemente provee abundante oxígeno en el aire para que nosotros lo usemos. El hecho es que un árbol pequeño produce suficiente oxígeno para satisfacer las necesidades de un hombre. Las plantaciones que cubren un estado del tamaño de Missouri proveen todo el oxígeno necesario para la población entera de la tierra. Además de manufacturar todo el oxígeno que el hombre necesita, el verdor de la naturaleza consume todo el desecho de dióxido de carbono que nosotros exhalamos. En cierto sentido, usted podría decir que las plantas inspiran dióxido de carbono y expiran oxígeno, en tanto que el hombre inhala oxígeno y exhala dióxido de carbono. El setenta y ocho por ciento del nitrógeno que inhalamos no es útil en el sentido que el oxígeno lo es. El hecho es que sólo constituye un problema para los que vuelan o se sumergen en el profundo mar, porque algunas veces forma burbujas de gas alrededor de las articulaciones y causa retortijones.

Además de preparar el aire que nosotros respiramos, la naturaleza provee y prepara el agua que bebemos y despedimos como desecho. El agua fluye a través del cuerpo en forma muy similar a la que fluye en el radiador de un coche. El cuerpo no "consume" agua en el mismo sentido que consume alimentos convirtiéndolos en calor y energía. El agua es simplemente un sistema de refrigeración para el cuerpo y un medio fluído que baña los tejidos corporales. De acuerdo con el viejo físico John Rider, de la Universidad de Houston: "El ochenta por ciento del cuerpo humano son fluidos, bañando y permeabilizando los delicados tejidos debajo de la piel. Los procesos químicos que caracterizan la vida tienen todos lugar en el agua. La sangre que corre a través de nuestras arterias es una solución salina, muy similar al cálido océano que una vez fuera nuestro hogar. Por cierto, usted podría decir que el cuerpo humano es una especie de nave espacial, manteniendo dentro el medio líquido del que vinimos millones de años atrás, en tanto que exploramos un medio extraño, un frío, seco mundo compuesto en su mayor parte de gas."

Además de proveernos con agua y oxígeno, la naturaleza también mantiene un nivel de temperatura y humedad en el que podemos trabajar y divertirnos confortablemente. Con ropas livianas o pesadas podemos evitar el demasiado calor o el frío excesivo; y el aire que respiramos en cualquier parte de la tierra contiene una conveniente cantidad de vapor de agua.

Estas, entonces, son las condiciones que los científicos investigadores de la Fuerza Aérea tuvieron que enfrentar cuando di-



El esquema muestra la mezcla de aire de la naturaleza al nivel del mar y la mezcla de aire que podría ser usada en una cabina hermética.

señaron la cabina espacial hermética. Abreviando, tenían que encontrar formas para duplicar el trabajo de la naturaleza con destino a los hombres que algún día viajarán a los planetas en cabinas herméticas. Hablando con el Dr. Strughold, el visitante puede sorprenderse de oírle decir: No sólo hemos logrado duplicar el trabajo de la naturaleza, sino que lo hemos mejorado en ciertos aspectos. Por ejemplo, podemos sustituir helio o algún otro gas inerte (o mezcla de ellos), por nitrógeno en cabinas herméticas para viajes espaciales. El helio no provoca en la tripulación los retortijones, pero sí el nitrógeno —bajo ciertas condiciones. El helio puro, por otra parte, tiene sus propias ventajas. Por ejemplo, aumenta el tono normal de la voz. El problema es encontrar una combinación ideal de gases. En la tierra lo hemos adaptado al aire que encontramos. En el espacio podemos adaptar el aire a nuestras necesidades.

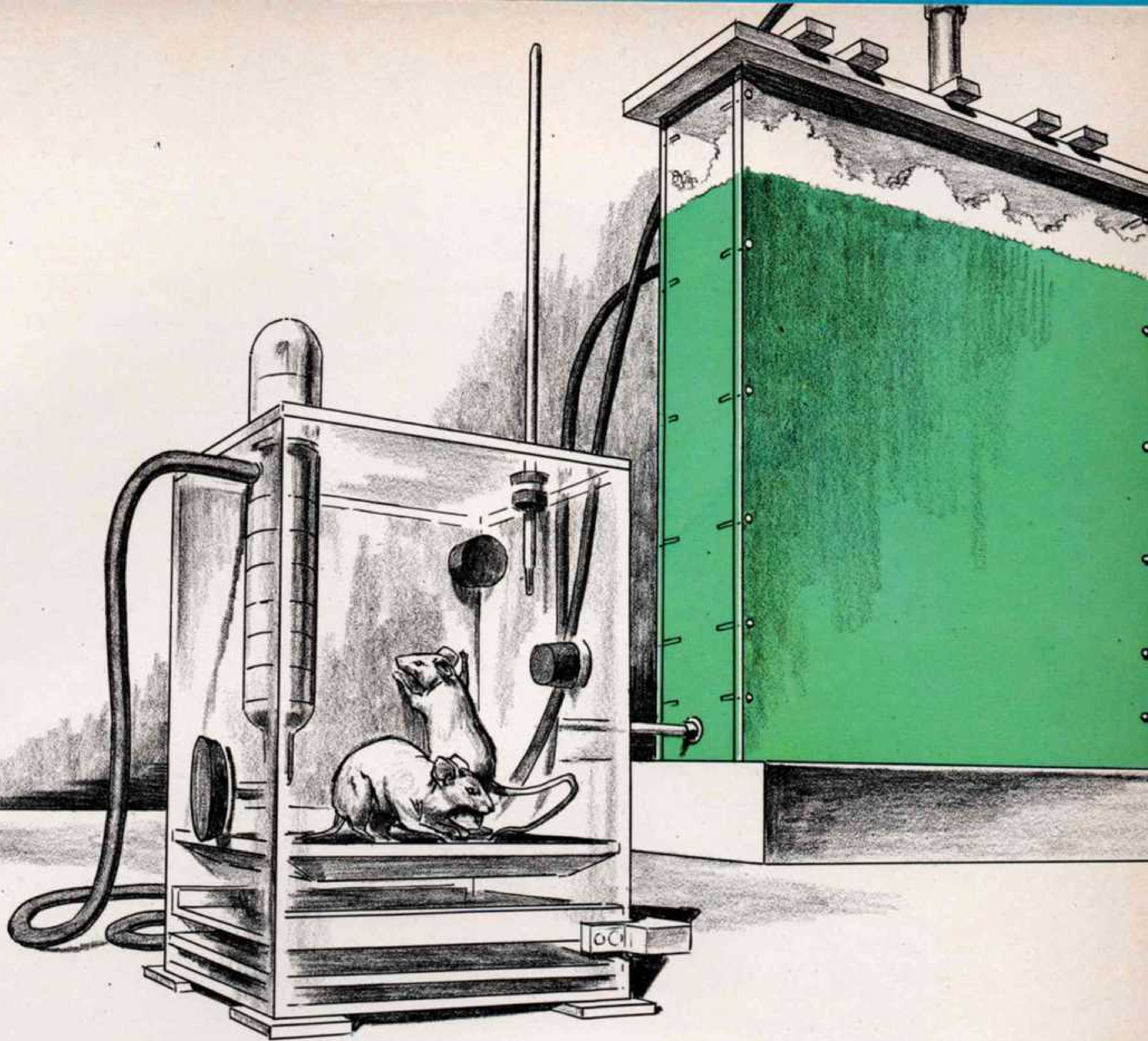
Este, entonces, es el medio que los futuros hombres del espacio esperarán encontrar en sus cabinas: antes del despegue, después que la tripulación esté encerrada dentro de la cabina, el contenido de aire cambiará gradualmente. Lentamente algo del aire será bombeado hacia afuera para reducir la presión interna de la cabina a un nivel de 18.000 pies. Bajando la presión de la cabina a éste nivel se reducirá considerablemente la fuerza del aire que empuja dentro de las paredes interiores de la cabina cuando la nave

espacial entre al vacío del espacio. En tanto que algo del aire dentro de la cabina es bombeado hacia afuera, la deseada mezcla de gases para respirar será liberada de tanques en la nave espacial; alrededor del cuarenta por ciento de oxígeno (opuesto al veintiuno por ciento del aire en la naturaleza) para contrarrestar la baja presión en la cabina, y alrededor del cincuenta y nueve por ciento de gas inerte, helio, más el uno por ciento de dióxido de carbono y vapor de agua que proveerán el aire exhalado y la transpiración.

Bien hasta aquí, usted podría decir, pero ¿qué sucede cuando la tripulación comienza a respirar esta mezcla de aire cuidadosamente preparada? Después de una hora o más ¿no consumirán todo el oxígeno y exhalarán peligrosas cantidades de dióxido de carbono? Si no hubiese forma de quitar el dióxido de carbono el nivel sería, por supuesto, peligrosamente alto. Luego de alrededor de hora y media el contenido de dióxido de carbono se elevaría a más del uno por ciento. Los hombres se pondrían perezosos y su eficiencia desaparecería. Una mayor concentración de gas, alrededor del cinco por ciento, podría matarles.

Los fisiólogos de la Escuela de Medicina Aeroespacial han encontrado dos formas de resolver el problema del dióxido de carbono. Para un corto vuelo al espacio —digamos por un día o dos— un elemento químico "hambriento de dióxido de carbono", denominado "baralyme", resolvería el problema. En tanto que los tanques de oxígeno constantemente proveerían de oxígeno fresco a la cabina, el "baralyme" absorbería el dióxido de carbono exhalado. Pero en largos viajes espaciales esto no sería práctico. ¿Por qué no dejar que la naturaleza disponga del dióxido de carbono? Esto puede hacerse con pequeños organismos vegetales llamados *algas* (en cierta forma pueden verse como espuma verde flotando en estanques de aguas no corrientes). Tres libras de una determinada clase de algas, según el Dr. Strughold, producirán el oxígeno que necesita un hombre. Suspendidas en solución y expuestas a la luz solar, estas algas, en una cabina espacial, cubrirían las necesidades de oxígeno de una tripulación, y al mismo tiempo eliminarían el dióxido de carbono del aire. Un interesante aspecto de las algas es que crecen y se multiplican como las otras plantas, *y son comestibles.* Aunque no tan apetitosas como las alcachofas o trufas, podrían ser usadas como provisión de alimento rico en proteínas, además de servir como unidad acondicionadora de aire.

Para citar los principales problemas que los fisiólogos han encontrado en sus trabajos con algas, son éstos: ¿Pueden establecer un sistema hombre-alga que trabaje correctamente por un largo



Completamente separados del aire externo, los ratones viven del oxígeno producido por las algas del tanque de la derecha. Cuando los hombres viajan a través del espacio ellos pueden tomar su provisión de oxígeno de las algas, las que también son una fuente alimenticia rica en proteínas.

período de tiempo? ¿Puede el cambio de gases oxígeno-carbón dióxido de las algas ser balanceado con el sistema de cambio del hombre de estos gases? Mucho trabajo queda aún por hacer en este campo antes que las primeras naves espaciales que lleven algas despeguen hacia otros planetas.

Los científicos que consideran a las algas como compañeros de viaje espacial, visualizan viajes interplanetarios con duración de varias semanas o meses. En viajes de esta duración los fluidos de desecho del cuerpo y el vapor de agua de los pulmones y piel podrían presentar un problema. Según G. Clamann, jefe del departamento de bioastronáutica de la Escuela de Medicina Aeroespacial, el cuerpo despide más agua de la que incorpora. El exceso llega a un diez por ciento. Esto sucede cuando el cuerpo descompone ciertos alimentos y los convierte en agua.

En una cabina hermética la excesiva humedad del aire exhalado y del agua despedida por el cuerpo podrían ser recogidas. Luego, podría hacerse circular a través de un sistema similar al del radiador que ayudaría a regular el aire y los niveles de temperatura y humedad en la cabina. Al mismo tiempo, este agua

de desecho podría ser purificada. De manera que además de ayudar a enfriar la cabina —si la refrigeración fuera necesaria— una constante provisión de agua fresca consumible estaría al alcance. Resumiendo, la tripulación bebe la misma agua una y otra vez. ¿Y por qué no? El agua que bebemos diariamente fluye a través de nosotros y vuelve a la tierra que filtra sus impurezas. Luego, la volvemos a beber tal como nos llega de pozos y manantiales, o cae como lluvia. En el espacio se llevará a cabo el mismo ciclo —sólo que por medios mecánicos.

¿Por qué arrojar la materia de desecho al espacio? —usted podría preguntarse. La idea de la cabina hermética es un sistema cerrado en el que toda materia es usada y re-usada. Descartar la materia de desecho al espacio podría ser desastroso en un largo viaje, según el Dr. Clamann. "Una cabina hermética, dice, incorporada a un cohete que navegue en el espacio, no debe desprenderse de ningún desecho, porque ésto alteraría el peso de la nave y posiblemente cambiaría su curso."

En el espacio, aun un pequeño error de navegación por medidas terrestres, podría llevar al fin. En un viaje a Marte, por ejemplo, según un antiguo científico de la Westinghouse, P. A. Castruccio, si el cohete fuera lanzado fuera de su curso por solo un minuto (un sesentaavo de grado) se alejaría de Marte por 30.000 millas. ¡O si la velocidad inicial del cohete estuviese errada en solo uno por ciento, el cohete perdería su destino por 50.000 millas! "Errores de esta magnitud, aunque pequeños en comparación con la distancia recorrida, causarían consumo adicional de combustible al final de la trayectoria, para situar a la nave en la correcta órbita final", dijo Castruccio a los miembros de la Sociedad de Cohetería Alemana. "Mientras nuestras primeras naves espaciales no tengan otro recurso que el de seguir órbitas bien determinadas, debido a la relativamente baja eficiencia de los cohetes químicos, se desarrollarán mejores combustibles (nucleares) y máquinas para dar a las naves espaciales del futuro un alto grado de libertad en sus elegidas rutas de vuelo."

Lo que Clamann y Castruccio dicen es ésto: "Es muy probable que los primeros viajes espaciales tripulados sean llevados a cabo en cohetes con combustible líquido. Y como los cohetes químicos consumen su combustible tan rápidamente, las naves tendrán que ser piloteadas con gran precisión. Si la tripulación descargara periódicamente residuos en el espacio, y al hacer eso cambiase la masa de la nave espacial, cambiarían la ruta de vuelo de la nave. Constantes correcciones en la ruta requerirían explosiones de potencia del cohete, lo que significaría mayor consumo del precioso combustible. En un viaje largo, la tripulación podría encontrarse

encallada en Marte sin el combustible suficiente para el viaje de retorno a la tierra. Con una nave espacial nuclear, sin embargo, la casi inextinguible provisión de combustible permitiría estos cambios de ruta con combustible de sobra."

Meteoros

En ciertas épocas del año el cielo de la noche y del amanecer es rasgado por pequeños montoncitos de brillante roca, cristal y fragmentos metálicos que se hunden en la atmósfera terrestre desde el espacio. Estos restos cósmicos giran alrededor del sol en enjambres sueltos. Algunos de estos enjambres de meteoros se acercan a nuestro planeta en diciembre, otros durante agosto y meses diferentes. Unos pocos años atrás algunos astrónomos tenían temor de que estos proyectiles cósmicos que van a velocidades de 40.000 a 130.000 millas por hora, presentaran series amenazas a las futuras tripulaciones espaciales. Por sus grandes velocidades, si un meteoroide del tamaño de un guijarro golpeara una nave espacial, no la golpearía levemente o dejaría una pequeña abolladura. Al golpear la superficie de la nave la energía de movimiento del meteoroide cambiaría en calor y evaporaría la cubierta de acero en el momento del impacto. Cuanto más grande es el meteoroide, mayor es el daño. En tanto que la mayoría de los meteoroides del espacio no son más grandes que granos de arena, muchos son del tamaño de un guisante; unos pocos pesan muchas toneladas. Si algunos de estos monstruos golpeara una nave espacial, no habría esperanza alguna de salvación para la tripulación. Algunos escritores, sin embargo, han exagerado los peligros del bombardeo cósmico. Según Arthur C. Clarke, el científico británico, "...en un viaje a la luna habría menos de una probabilidad en 10.000 de encontrar un meteorito (oide) que pudiera penetrar una hoja de acero de un octavo de pulgada de diámetro.

Aunque los enjambres de meteoros en el espacio no pueden presentar serio peligro a las tripulaciones del espacio, las naves espaciales podrían estar provistas de un "paragolpes contra meteoros" igualmente. Este delgado protector metálico construido dentro de la superficie de la nave, sería un recurso propio de hermetismo similar al usado en los tanques de combustible de los aviones de combate y bombardeo. Si fuera agujereado se sellaría otra vez herméticamente para prevenir la pérdida de presión interior en la cabina. Pasarán varios años más antes que los científicos tengan suficiente información sobre los meteoroides como para saber precisamente qué peligrosos pueden ser estos fragmentos cósmicos a una tripulación espacial con destino a Marte.

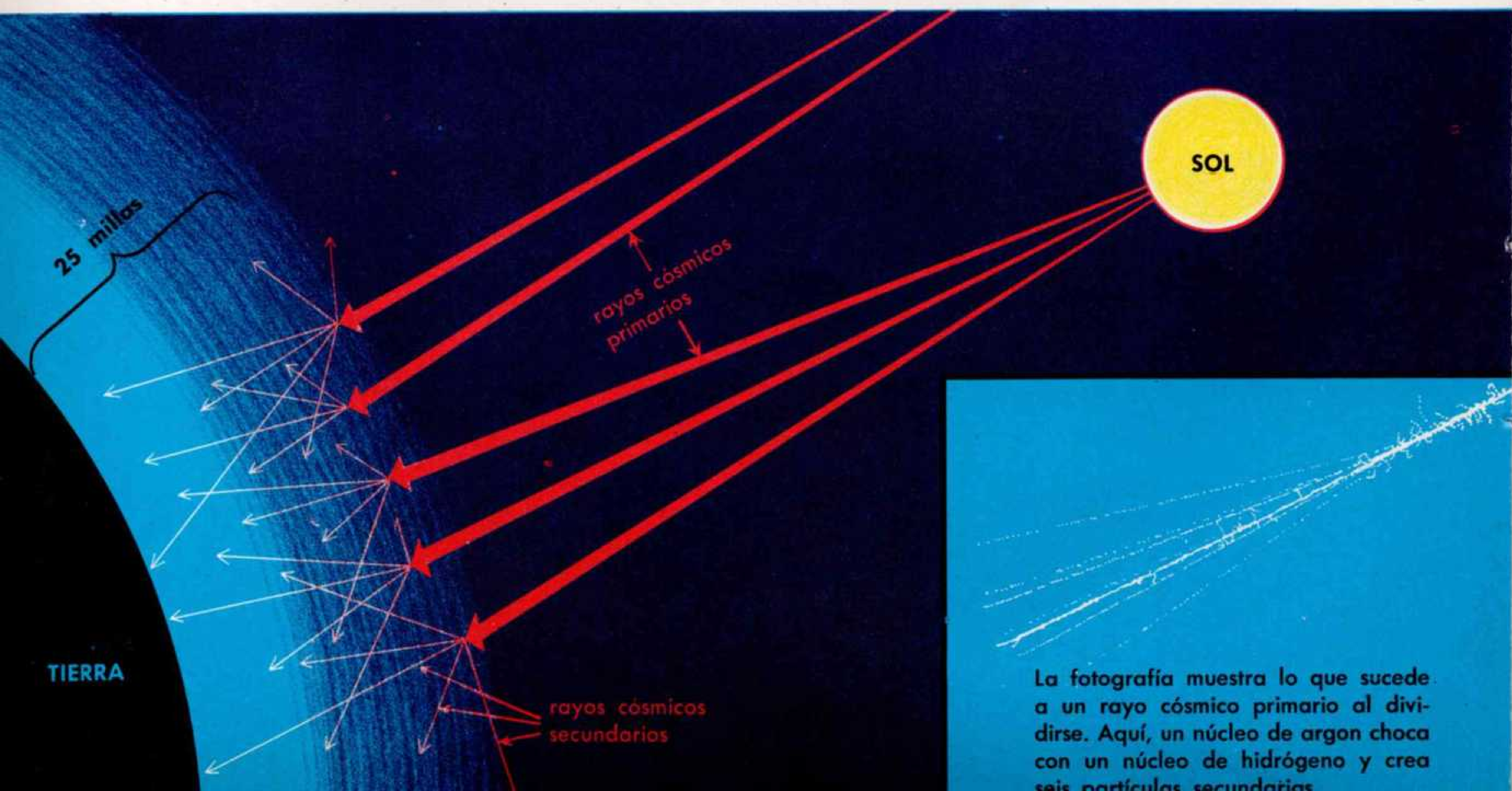
Rayos cósmicos

En un viaje a la Luna, Marte u otros planetas, el hombre se expondrá a otra clase de bombardeos cósmicos —pequeñas balas atómicas conocidas como rayos cósmicos. Por ejemplo, los científicos de la Fuerza Aérea no han averiguado lo suficiente sobre los efectos médicos de los rayos cósmicos para precisar si estas partículas invisibles serán peligrosas para los viajeros del espacio.

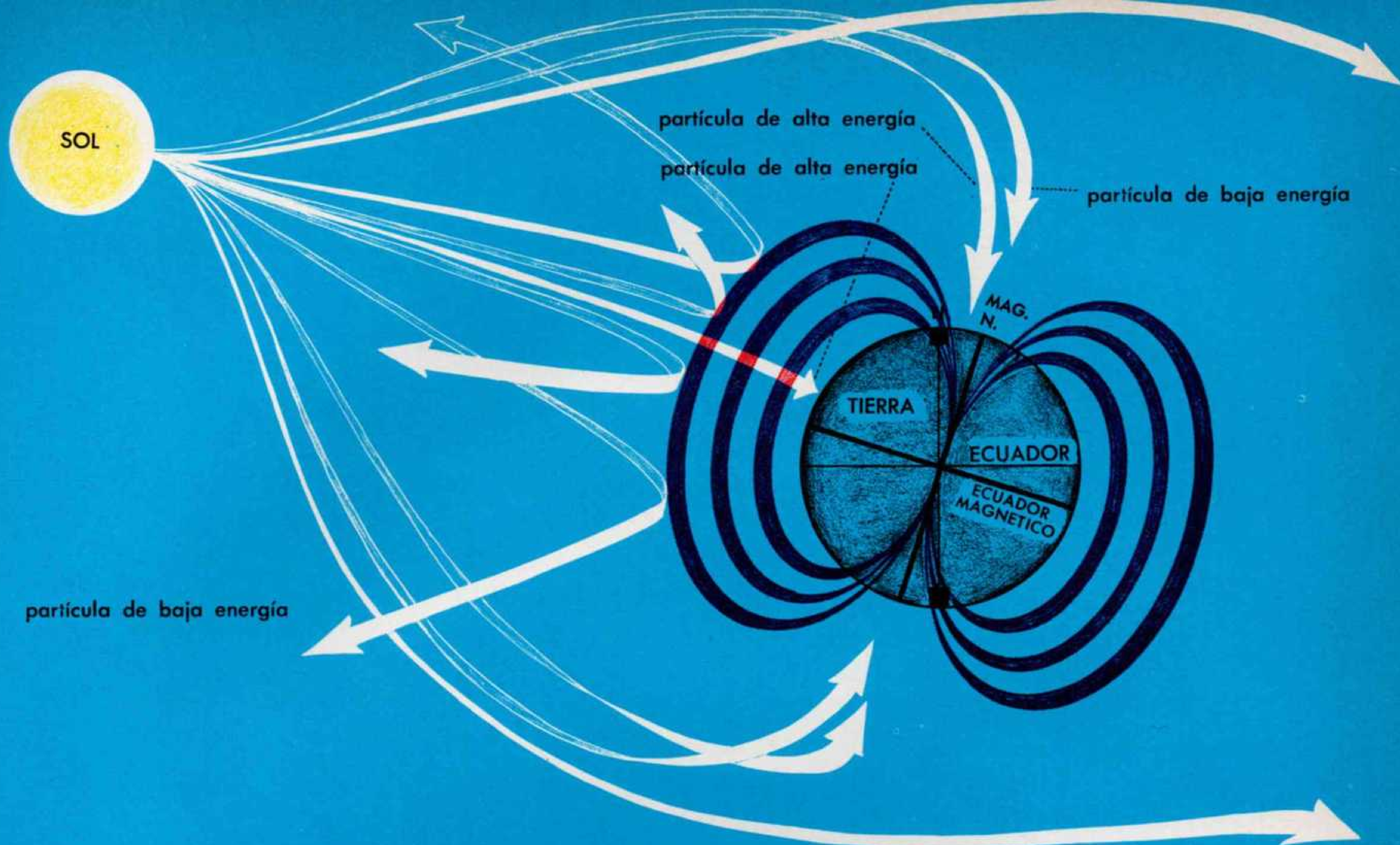
Los rayos cósmicos son átomos que han sido separados. Cada segundo, millones de ellos, viajando a casi la velocidad de la luz, caen dentro de la atmósfera de nuestro planeta. Algunos provienen del sol, otros, de distantes estrellas en nuestra galaxia. Alrededor del 96 por ciento de estas balas atómicas son átomos de hidrógeno y helio despojados de sus electrones orbitales. El resto, cuatro por ciento, son partículas más pesadas (los núcleos de elementos que van desde el carbón hasta el hierro en la Tabla Periódica). Estos pesados rayos cósmicos son los que más interesan a los biólogos, porque son los que más dañan el tejido vivo.

Para averiguar cómo dañan el tejido estas balas cósmicas, sigamos una primero al hundirse en la atmósfera terrestre y destruirse. Viajando cerca de 186.000 millas por segundo, zumba a través del enrarecido aire a gran altura sin chocar con ningún átomo o molécula de la atmósfera. Pero en el momento en que está a veinticinco millas sobre la tierra el aire es tan denso que el rayo cósmico ya no puede evitar una colisión. Golpea el núcleo de un átomo de oxígeno con fuerza destructora. El resultado es

Los rayos cósmicos del espacio y el sol bombardean la atmósfera diariamente. Al llegar al aire denso los rayos primarios se descomponen en inofensivos "secundarios" al dividirse por la colisión con moléculas y átomos de aire. Más allá de la atmósfera terrestre, las tripulaciones espaciales estarán expuestas a golpes directos por estos primarios de alta energía.



La fotografía muestra lo que sucede a un rayo cósmico primario al dividirse. Aquí, un núcleo de argon choca con un núcleo de hidrógeno y crea seis partículas secundarias.



El diagrama indica de qué forma las líneas de fuerza de la tierra defleccionan las partículas de radiación que nos llegan desde el sol. Las partículas cargadas son atraídas a polos magnéticos de la tierra (línea inclinada norte-sur). Sólo las partículas de alta energía se las arreglan para cruzar las líneas de fuerza alrededor del ecuador. Las partículas de baja energía son rechazadas.

que el rayo cósmico y el átomo de oxígeno son destruidos. Electrones, protones, neutrones, mesones, y otras partículas atómicas vuelan en todas direcciones. Conocidos como *rayos cósmicos secundarios*, estas partículas destrozadas se dirigen a gran velocidad a la tierra y nos bombardean día y noche. Mientras usted lee esta oración quince o más rayos cósmicos secundarios pasan a través de su cuerpo. Pero por su poca energía no le hacen daño.

Sin la manta protectora de la atmósfera terrestre, sin embargo, seríamos bombardeados por los *rayos cósmicos primarios* de gran velocidad y alta energía. Estos son los que interesan a los biólogos espaciales. Cuando una nave espacial navega más allá de la atmósfera terrestre, la mayoría de estos rayos cósmicos terrestres de alta energía pasarán a través de la cubierta metálica de la nave con tanta facilidad como si fuera de papel. Luego, golpearán a los miembros de la tripulación. Si estas partículas de radiación golpearan sólo la piel y ciertos otros tejidos corporales, sólo matarían unas pocas células, y nuevas células crecerían rápidamente para tomar el lugar de las dañadas. Pero otras partes del cuerpo son más sensibles y no se renuevan. El sistema nervioso y cristalino del ojo, por ejemplo. Expuestos a un bombardeo con-

tinuo de rayos cósmicos primarios, el sistema nervioso y los ojos serían dañados —*pero no se repararían*. El daño sería permanente.

Para averiguar exactamente qué clase de daño causan estos rayos primarios al tejido vivo, el teniente coronel David G. Simons ha enviado globos a gran altura en la atmósfera. En las barquillas de los globos se encontraban huevos de gallina, huevos de langosta, ratones, monos, chanchitos de la India, trigo seco, semillas de cebada y secciones de piel humana. Exponiendo el tejido vivo a los rayos cósmicos primarios, la Fuerza Aérea averigua en qué forma estas balas cósmicas afectarán a los viajeros espaciales. Uno de los más interesantes hallazgos que el coronel Simons ha realizado se refiere a ratones negros y chanchitos de la India negros, a los que envió en globos por veinticuatro horas y más. Simons encontró que algunos de los ratones y chanchitos de la India volvieron a la tierra con unos pocos pelos blancos que no tenían antes del vuelo. Él sospecha que los pelos blancos son el trabajo de un solo rayo cósmico primario. La alta energía primaria al golpear al animal, desordenó un hilo de átomos en su camino al chocar los electrones de los átomos atropelladamente. Esto sacó iones de los átomos, dejándolos con carga positiva. Este camino de átomos cargados se denomina *huella de ionización*. Según Simons, un rayo cósmico primario puede dejar una huella de ionización lo suficientemente larga como para destruir doce grupos o más de células de pigmento de cabello. Precisamente esto, dice Simons, dio pelos blancos a los ratones y chanchitos de la India negros.

Si estas balas cósmicas de alta energía pueden dañar un pequeño blanco como un ratón o chanchito de la India en veinticuatro horas, ¿qué pasaría con un blanco mucho más grande —un hombre—, navegando a través del espacio por semanas, o meses? Algunos rayos primarios están destinados a herir tejidos que no se renuevan por crecimiento. ¿Pero hasta qué punto? Esta es aún la gran pregunta que Simons y su grupo tratan de responder. Dice Simons de la posible amenaza de los rayos cósmicos en el espacio: "El piloto espacial puede no sufrir daño notable de los rayos cósmicos, pero en cambio podría envejecer un poco más rápido en el espacio."

En la tierra, al envejecer, los tejidos en el sistema nervioso y en el ojo, por ejemplo, mueren naturalmente. En el espacio, donde el hombre está expuesto a un constante bombardeo de rayos cósmicos primarios, su envejecimiento puede ser acelerado un poco. Hasta aquí, ningún daño serio ha sido detectado en cuidadosos estudios de cerebros de animales expuestos por veinticuatro horas. Pero los efectos acumulativos de exposición por meses o años quedan por estudiar.

Cuando los biólogos espaciales averigüen más sobre los efectos de los rayos cósmicos en el tejido vivo, serán capaces de catalogar el tiempo de la tripulación en el espacio de tal forma que el peligro de radiación cósmica podrá ser controlado.

¿Hacia qué lado es arriba?

Por largo tiempo, películas de ciencia ficción han deleitado al gran público al mostrar lo que sucede dentro de una nave espacial durante el estado de ausencia de gravedad. Los miembros de la tripulación flotan sin dirección en la cabina. Atados a sus asientos, miran interrogativamente a un lápiz o bota suspendida en el aire. Según el Dr. Siegfried J. Gerathewohl, anteriormente de la Escuela Médica de Aviación de la Fuerza Aérea: "De todas las extrañas sensaciones que los hombres pueden encontrar rápidamente en un cohete a vuelo sostenido, la más extraña es la de gravedad cero, en la que no tendrán sensación de peso. Psicológicamente es el problema más fascinante del vuelo espacial, porque no tiene paralelo en la experiencia humana en la tierra."

Aunque la gravedad cero no puede ser producida en la tierra, sí puede hacerse en períodos que van de unos pocos segundos a un minuto durante el vuelo dentro de la atmósfera en aviones jet de gran velocidad.

El Dr. Gerathewohl probablemente ha volado en gravedad cero más que cualquier otro científico del mundo. El avión que usó para sus experimentos era un jet de combate F-94C modificado. Para conseguir el estado de gravedad cero, el avión tenía que ser mantenido en una ruta de vuelo cuidadosamente controlada llamada trayectoria kepleriana, o curva parabólica. Mientras el avión se mantiene en esta ruta de vuelo, el estado de supresión del peso es mantenido.

Durante los cuarenta segundos o más en los que se suprime el peso posible en un F-94C, un sujeto de prueba en el asiento de atrás puede lanzar un lápiz a un blanco de papel a un brazo de distancia. El objeto de este experimento es golpear el centro. En la tierra esto no es problema, pero en la gravedad cero sí lo es. Durante la gravedad cero, por hábito, los músculos del brazo tienden a compensar la gravedad. Pero en el vuelo sin peso no hay gravedad, de manera que la punta del lápiz por lo general golpea alrededor del centro. ¿Qué significaría ésto a un hombre en el espacio? Tendría que alcanzar rápidamente un botón para presionarlo, pero en razón de la ausencia de peso puede tocar el que no es. Los científicos han averiguado que con paciencia un hombre puede aprender a dar en el blanco con certeza en gravedad cero.

Pero las primeras veces que trata de hacerlo se revela como un pobre tirador.

Nuestros cuerpos tienen tres localizadores de dirección que nos diferencian arriba de abajo. Confunda estos localizadores de dirección y cosas extrañas pueden pasarle a un hombre. Puede ser presa de un ataque de vértigo. O puede enfermarse por el efecto del movimiento cambiante, o puede sentir una sensación de alarma, como si estuviera cayendo.

Los primeros de estos localizadores de dirección son nuestros ojos. Si usted trata de caminar en línea recta con sus ojos cerrados puede perder repentinamente su equilibrio. Nuestros ojos nos dan "claves visuales" que nos ayudan a determinar arriba y abajo, izquierda y derecha. El segundo de los localizadores de dirección que nosotros tenemos son los órganos internos —estómago, intestinos, músculos y demás. En la tierra estamos acostumbrados al peso normal de una *g* de nuestros órganos, producido por la atracción de la gravedad. Ni siquiera nos damos cuenta de su peso. Pero si un coche que viaja a una relativa velocidad nos lleva repentinamente sobre una pequeña elevación en la ruta, tenemos una extraña sensación en el estómago. Por un instante la carga de una *g* ha sido disminuida. El estómago y otras partes del cuerpo sienten la diferencia y envían un rápido mensaje al cerebro advirtiéndole. Tensamos los músculos y nos asimos a algo para afirmarnos. El tercer localizador de dirección es el oído interno. Pequeñas partículas de hueso denominadas *otolitos* responden a cada cambio que hacemos en velocidad y dirección. Si usted resbala repentinamente, los otolitos se sacuden y agitan pequeños pelillos que transmiten una señal de peligro al cerebro. El cerebro instantáneamente alerta los músculos en sus piernas y le evita caer. O si el mensaje es demasiado lento, usted cae.

Los fisiólogos del espacio están interesados en saber qué les sucede a estos tres localizadores de dirección en gravedad cero. Hasta aquí descubrieron que los otolitos, en ausencia de peso, pueden mandar mensajes confusos al cerebro. En algunos pilotos esto produce un suave vértigo. En gravedad cero sólo los ojos se mantienen funcionando bien, indicando al hombre hacia qué lado es "arriba".

Un interesante experimento llevado a cabo por el Dr. H. J. A. von Beckh indica que los hombres tendrían que ser capaces de aprender a hacer su trabajo correctamente en un estado de au-

sencia de peso —por lo menos si reaccionan igual que las tortugas. Por varios años, von Beckh ha estado estudiando una especie de tortuga conocida por la certeza total en la búsqueda de alimento. Las tortugas lanzan sus cuellos en forma de S con la velocidad de

Muchos ilustradores han deleitado mostrando un miembro de una tripulación espacial deslizándose fácilmente alrededor de una estación satélite usando una pequeña máquina cohete portable. Dirigiendo el cohete a este lado y a aquel el miembro de la tripulación dirige su vuelo. La verdad es que esta clase de propulsión será la más difícil. Si el cohete se mantiene sobre el centro de gravedad (1) el hombre comenzará a girar como lo indica la flecha. O si sostiene el cohete a un costado (2) comenzará a dar vueltas. Si el cohete lo sostiene en alto y a un costado comenzará a hacer giros combinados.









una serpiente. Un día, von Beckh notó que una de sus tortugas parecía enferma. Más tarde, el científico averiguó que un accidente había dañado seriamente los otolitos en el oído interno de la tortuga. El animal no era ya capaz de buscar certeramente su comida. Tenía que ser alimentado en la mano. Luego de un tiempo, sin embargo, la tortuga aprendió a depender de sus ojos solamente —de claves visuales—, al lanzarse al alimento. La tortuga había aprendido a manejarse sin los otolitos de sus oídos internos.

Más tarde, von Beckh llevó a la tortuga enferma, junto con otras sanas, en un vuelo de gravedad cero. Sosteniendo su tanque de agua en la parte ventral, el científico dejó caer pedazos de comida dentro del tanque durante una curva en picada sin peso. Una y otra vez las tortugas sanas se lanzaban en busca del alimento, pero sin lograrlo una vez. La ausencia de peso les había despojado de su instinto. Sus otolitos enviaban mensajes confusos al cerebro, lo que causaba la pérdida del blanco. La tortuga con

los otolitos dañados, sin embargo, no tenía ningún problema para llegar a su blanco de comida. La razón: dependía enteramente de claves visuales para localizarla.

Durante veinticinco o más de estos vuelos, von Beckh observó el progreso de las tortugas sanas. Gradualmente cada una aprendió a ignorar los confusos mensajes que sus otolitos enviaban al cerebro. Ellas también habían aprendido a depender de sus ojos para acertar con el blanco de comida.

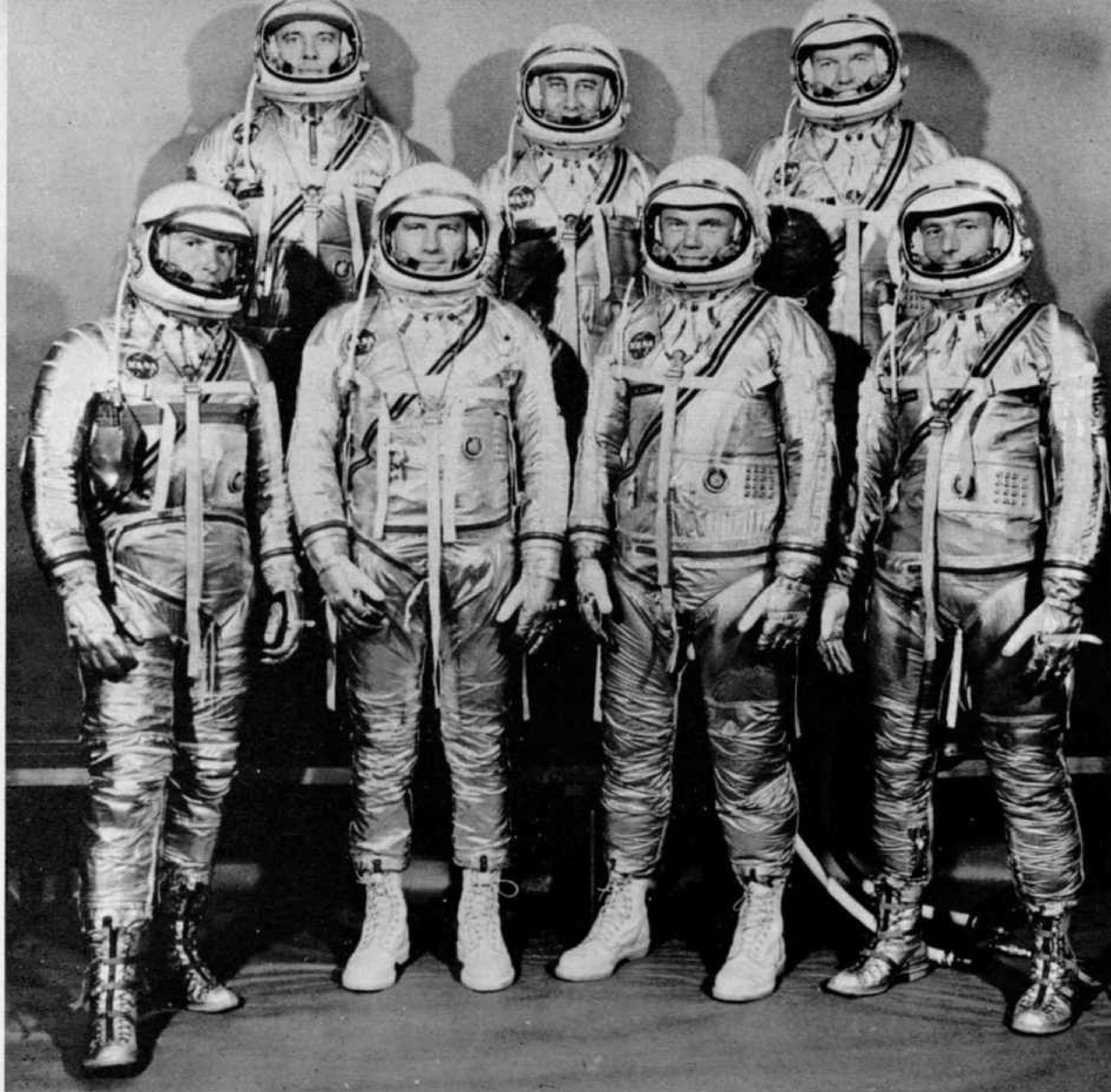
Hoy, los científicos de la Fuerza Aérea están convencidos de que los hombres pueden aprender a trabajar correctamente en estado de ausencia de peso y a estar confortables psicológica y fisiológicamente, pero ¿por cuántas semanas o meses? No lo sabemos. Y no lo sabremos con certeza hasta que sean construidos cohetes capaces de mantener al hombre en el espacio por largos períodos de tiempo.

Proyecto Mercury y posterior

Estamos ahora en el momento de grandes cambios en la llegada del hombre al espacio. John H. Glenn Jr., M. Scott Carpenter, experimentaron ausencia de peso por períodos "prolongados" comparados con las cortas curvas de vuelo en gravedad cero F-94C. Walter M. Schirra J., durante su vuelo, experimentó ausencia de peso por más de nueve horas, y L. Gordon Cooper estuvo sin peso por unas treinta y cuatro horas durante su vuelo de veintidós vueltas orbitales. Las reacciones de Carpenter a la ausencia de peso, y su comentario sobre ella, reflejan bien los sentimientos de los otros astronautas con respecto a la gravedad cero.

Carpenter describió el estado de ausencia de peso como "una bendición —nada más, nada menos". Lo comparó con el ser sumergido en agua. Privado de las claves visuales externas —por ejemplo, cuando su cápsula estaba en una posición tal que no podía ver el horizonte—, le era difícil distinguir arriba de abajo, pero esto no perturbó al astronatuta psicológicamente. Carpenter dijo que no tocó en demasía o falló al alcanzar los interruptores de control en el panel instrumental de la nave, y en nigún momento experimentó sensación desagradable alguna debido a la ausencia de peso. Al igual que los otros astronautas, varias veces jugó con la *g* cero moviendo su cabeza violentamente en todas direcciones para ver los efectos que podría tener sobre él. La respuesta fue nula. El sacudir la cabeza no le produjo vértigo ni enfermó al astronauta, como ocurre algunas veces a sujetos de prueba en la centrífuga.

Ninguno de los astronautas tuvo dificultades al comer en el



Los siete astronautas del Proyecto Mercury vestidos para el espacio. Línea del frente de izquierda a derecha: Walter Schirra, Donald Slayton, John Glenn, Scott Carpenter. Atrás de izquierda a derecha: Alan Shepard, Virgil Grissom y Gordon Cooper.

estado de ausencia de peso. Comieron alimentos sólidos, tabletas de xilosa y bebieron agua. Carpenter tuvo un problema, sin embargo. Puede parecer divertido, pero es un buen ejemplo de uno de los problemas que pueden presentarse inesperadamente en el extraño mundo del espacio. Una valija plástica de alimentos del tamaño de un bocado se estrelló accidentalmente antes que su cohete fuera lanzado. Durante el vuelo, Carpenter abrió la valija para comer, y algunos de los trozos se escaparon y flotaron por la cabina. Masticarlos y tragarlos no fue difícil, pero juntarlos del aire sí lo fue. Según Carpenter, los pedazos podrían haber sido un real peligro. Si hubiera habido muchos de ellos y si no hubiera sido capaz de sacarlos del aire, se hubiera sofocado al inhalarlos. Carpenter tuvo otro único problemas con los alimentos. El helado que llevó se derritió por el calor de la cabina.

Anteriormente, en este libro, hemos descripto tres aspectos importantes de ambiente natural del hombre: 1) una presión atmosférica de 14.7 libras por pulgada cuadrada a nivel del mar comparada con el casi vacío (menos de media libra por pulgada cuadrada), a una altura de quince millas; 2) la necesidad del



UNA SELECCION DE COHETES

Cohete Drag Brake para traer hombres a la Tierra desde un satélite tripulado

ARA EL VUELO ESPACIAL



hombre de oxígeno, y lo que sucede cuando recibe demasiado, y 3) su habilidad para tolerar altas temperaturas y continuar trabajando bien.

Los cuatro astronautas del Proyecto Mercury estaban dotados del mismo medio de presión-oxígeno-calor, aunque hubiera diferencias menores de temperaturas de vuelo a vuelo y de hora a hora durante cada vuelo individual. Por ejemplo, la temperatura del aire de la cabina durante los vuelos de Glenn y Carpenter fue mantenida la mayor parte del tiempo entre 90 F. y 105 F., excepto cuando volvió a entrar, que subió a 110 F. La temperatura interior de los trajes a presión de Glenn, Carpenter, Schirra y Cooper, se mantuvo entre 62 F y 86 F.

La presión atmosférica dentro de las cabinas y trajes a presión de los astronautas del Proyecto Mercury, fue mantenida a unas 5.1 libras por pulgada cuadrada. Es la misma presión atmosférica que la que se encuentra pasando las cinco millas, o un poco menos que el tope del monte Everest. Durante la totalidad del vuelo los astronautas repiraron 100 por ciento oxígeno.

Las cáspulas Mercury son diseñadas en tal forma que la presión atmosférica de la cabina, control de temperatura, y provisión de oxígeno, trabajan independientemente del traje a presión del astronauta. Hay una buena razón para ello. Suponga que en la cabina se originara una pérdida de aire, porque fuera golpeada por un meteoroide, o por alguna otra razón, y comenzara a perder presión. En minutos o segundos el astronauta estaría muerto. Para guardarse de tal emergencia el astronauta tiene su traje a presión total para protegerse. Al igual que la cabina, su traje tiene su propia provisión de oxígeno, su propio sistema de presión, su propio control de temperatura, y su propio sistema de ventilación. Todos trabajan automáticamente en el traje y la cabina, pero si alguno de los sistemas de control automático fallara, el astronauta puede ajustar las partes del traje y de la cabina manualmente.

Los momentos de la entrada en la estratosfera son, quizás, los de mayor preocupación y tensión para el astronauta. Aunque la cápsula está diseñada para operar automáticamente cuando vuelve a la atmósfera y cae en el agua, el astronauta debe estar preparado para operar manualmente si algo fuera mal —como falló dramáticamente en el vuelo de Cooper. Le sigue el informe de John Glenn sobre su vuelta a la atmósfera. Habla por sí solo:

"Podía escuchar la marcha de cada cohete y sentir el movimiento hacia adelante cuando redujeron la velocidad de la aeronave. Al salir de la condición de gravedad cero, las explosiones del grupo de retrocohete me produjeron la sensación que estaba

acelerando hacia atrás, hacia Hawaii. Esta sensación, por supuesto, era una ilusión.

"Siguiendo el fuego de retroceso se había decidido hacerme entrar con el grupo de retro-cohete aun en marcha . . . Como la deceleración comenzó a aumentar, podía escuchar un sonido sibilante, como si pequeñas partículas se restregaran contra la nave espacial . . . Al comenzar la pulsación de calor, se produjo un ruido y golpe en la nave espacial. Vi uno de los sujetadores que sostiene el grupo del retro-cohete balanceándose en frente de la ventana.

"La pulsación de calor aumentó hasta poder ver un brillante color naranja a través de la ventana. Pedazos inflamados se despedazaban y pasaban delante de ella. En ese momento, estas observaciones eran algo inquietantes para mí, porque no estaba seguro de lo que era. Había pensado que el retro-cohete había sido expulsado cuando vi el sujetador frente a la ventanilla. Pensé que estos trozos inflamados podían ser parte del protector de calor que se había destruido. Sabemos ahora, por supuesto, que los fragmentos eran del retro-cohete.

"No hubo duda cuando la pulsación de calor tuvo lugar durante la vuelta a la atmósfera, pero le lleva tiempo al calor penetrar en la nave espacial y caldear el aire. Particularmente no sentí mucho calor hasta descender hasta unos 75.000 a 80.000 pies. Desde aquí hasta abajo me sentí molesto por el calor, y en el momento en que el paracaídas principal se abrió transpiraba profusamente.

"La deceleración de la vuelta a la atmósfera de 7.7 *g* fue como la esperada y similar a la experimentada en las vueltas de la centrífuga. Se había producido una cuestión por la duda sobre nuestra habilidad para tolerar la aceleración, si ésta podría ser peor por las cuatro horas y media de ausencia de peso, pero no pude notar diferencia alguna entre la sensación de deceleración en este vuelo y mis sesiones de entrenamiento en la centrífuga . .

"A 10.800 pies, el paracaídas principal se desplegó. Lo podía ver flotar detrás de mí, llenarse parcialmente, y luego . . . completamente. La apertura del paracaídas causó un sacudón, pero quizá menor que el que yo esperaba.

"La deceleración de aterrizaje fue más aguda que la que yo esperaba (y) durante el rescate de la aeronave, recibí un buen golpe. Probablemente fue el sacudón más sólido del viaje entero (fue causado cuando) la aeronave golpeó contra el costado del barco. Poco después la aeronave estaba en cubierta."

Con los éxitos de los vuelos del Proyecto Mercury, ya dejados atrás, ¿cuál es nuestro próximo paso al espacio? El Proyecto Gémini es el que sigue, bautizado así por las estrellas mellizas Castor

y Pollux. Las naves espaciales del Proyecto Gémini serán similares a las cápsulas Mercury, pero estarán diseñadas para albergar dos hombres en vez de uno. De los astronautas que tomen parte en los vuelos Gémini se espera que lleven a cabo dos importantes misiones: 1) una vez en órbita se les exigirá maniobrar su aeronave en tal forma que deberán reunirse con un segundo cohete (Agena B), puesto en órbita antes que ellos; 2) también se les exigirá que permanezcan en órbita en vuelos que duren de unos pocos días a por lo menos una semana. Durante todo este tiempo llevarán a cabo numerosas investigaciones científicas que requerirán supervisión humana.

Realizar un *rendez-vous* en el espacio no será fácil. Si las órbitas de los dos cohetes no están algo cercanas, será imposible que uno se una al otro. El plan programa que el Agena B sea lanzado primero. Estaciones de la tierra que seguirán su curso, observarán su órbita y alimentarán con datos un computador terrestre sobre su velocidad y curso. El computador calculará entonces el exacto momento del lanzamiento del cohete para dos hombres Gémini a fin de situarlo en una posición favorable para el encuentro.

He aquí lo que Schirra tuvo que decir cuando vio su motor cohete sustentador que le seguía y pensó en la posibilidad de tratar de alcanzarlo si se lo hubieran pedido. "Podía dirigir la nave espacial a cualquier cosa que yo quisiera. Podía ver el sustentador y seguirlo, pero no creí que el problema de movimiento relativo sería tan fácil de resolver que yo fuera capaz de impulsarme y unirme a él. Aunque la velocidad relativa era (solo) del orden de los veinte a treinta pies por segundo, era suficiente para crear un problema, particularmente cuando uno se está aclimatando al nuevo medio . . . Creo que cuando lleguemos a la técnica del *rendez-vous,* uno necesitará más tiempo que en el momento de la inserción, aun con entrenamiento adecuado."

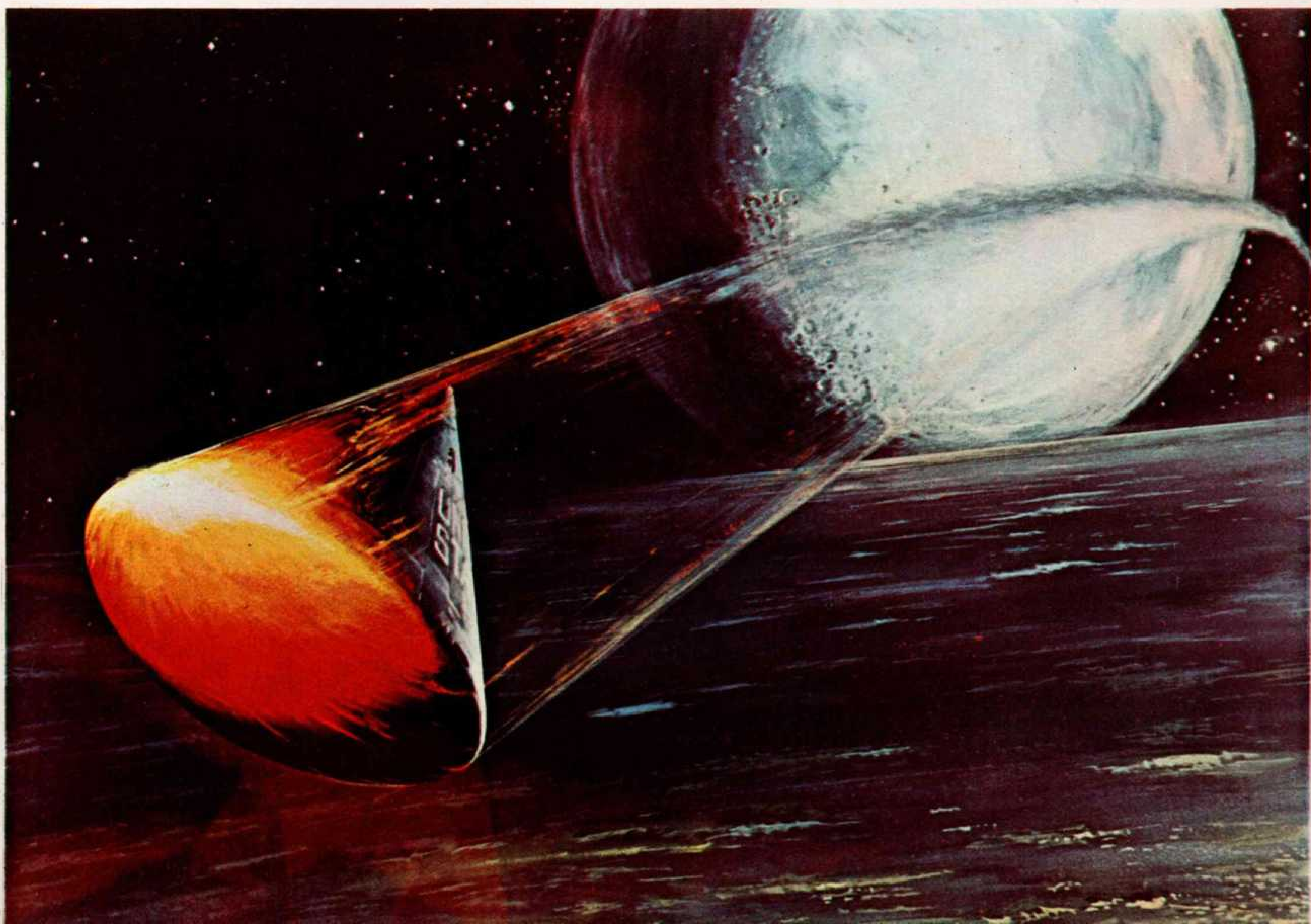
Luego del Proyecto Gémini sigue el Proyecto Apolo. La aeronave a usar en las misiones Apolo, estará diseñada para contener tres astronautas por un período de dos semanas como mínimo. Entre las muchas misiones de los astronautas del Apolo, se encuentran los vuelos en las vecindades de la Luna, y más tarde un aterrizaje en la Luna y retorno.

Los bravos exploradores del siglo diecinueve que elevaron su globo *Zenith* a la osada altura de 28.000 pies, hubieran encontrado difícil creer que en unos cortos noventa años el hombre daría sus primeros y cautelosos pasos en el espacio. Hoy hacemos justamente eso, y cada año aprendemos más sobre esta desolada región donde no se encuentra ninguna materia viva. Si los hombres han de

sobrevivir en el espacio, tendrán que ajustarse a una forma de vida enteramente nueva. En la eterna negrura del espacio tendrán que crear su propio día y noche por medios artificiales. En el silencio total del espacio tendrán que proveerse de un medio de sonido confortable y alentador no demasiado diferente de los sonidos que escuchan en un día de verano en su casa. En el espacio tendrán que adaptarse a la gravedad cero, o a una condición de gravedad reducida. El altímetro, el compás magnético y otros instrumentos serán inútiles en el espacio. No hay "altura" en el espacio, ni hay norte ni sur, arriba ni abajo. El tiempo mismo tendrá un nuevo significado. Las palabras familiares "día", "semana", "mes", "año" serán torpes recursos para medir el tiempo en el espacio.

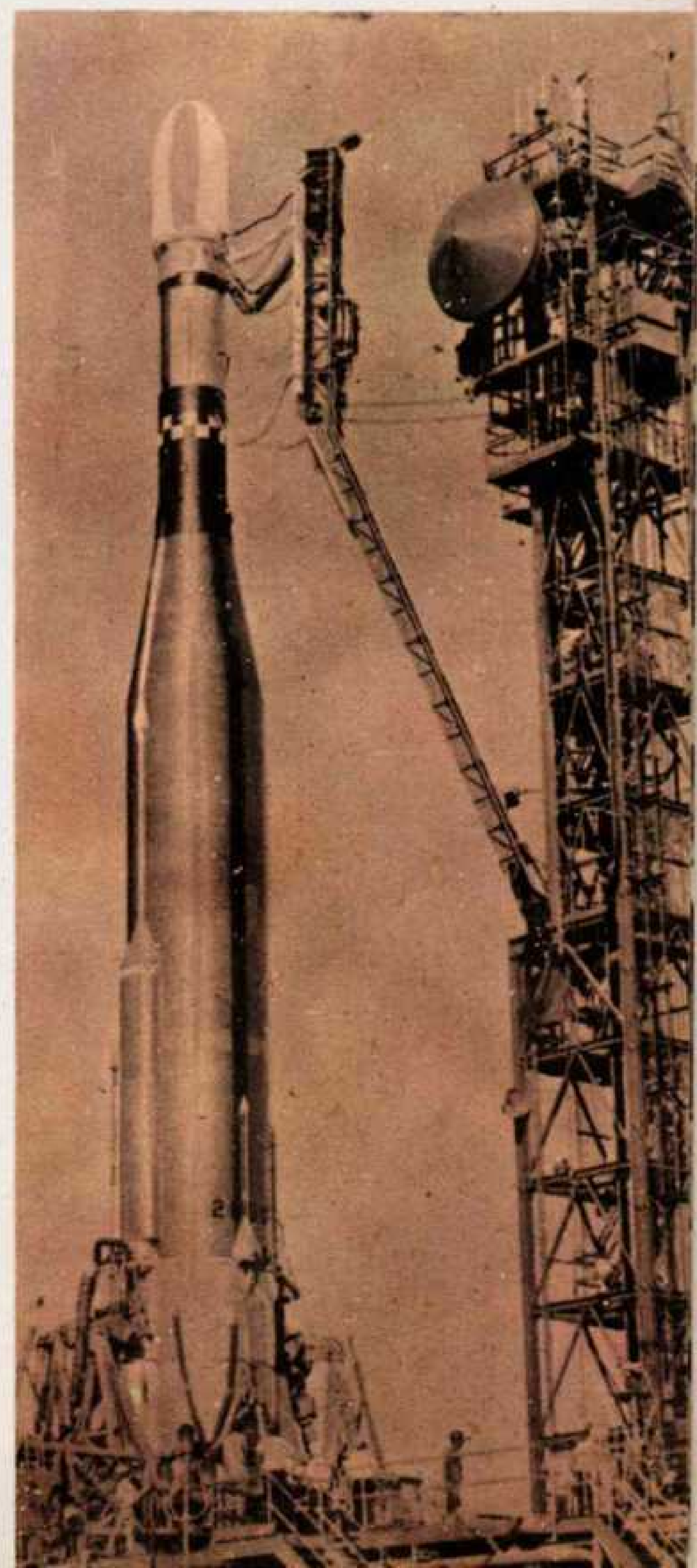
En estos días no tenemos todas las respuestas sobre cómo se ajustará el hombre a esta vida extraña que llevará en el desolado vacío más allá de su planeta. Dice el Dr. Strughold: "Un día será posible vivir por semanas, meses o años en un mundo artificial de nuestra propia creación en tanto que viajamos entre las estrellas. Por el momento, todo lo que esperamos es proveernos de una celda pequeña, habitable, en la que el hombre sea capaz de aventurarse por cortos intervalos a la soledad sin vida del espacio."

Apollo regresa a casa desde la luna. El protector de calor de la parte tripulada de la aeronave Proyecto Apollo brilla enrojecido y anaranjado al volver a entrar a la atmósfera terrestre. La prueba espacial del Proyecto Apollo está destinada a llevar tres hombres a la luna y traerlos de nuevo a la tierra alrededor de 1970.



SUPLEMENTO ESPACIAL

PROGRESOS
EN EL ESPACIO
SIDERAL



El Mariner IV montado en un vehículo Atlas-Agena, dispuesto para el lanzamiento de Cabo Kennedy.

Año 1961

12 de abril: Se inicia espectacularmente la navegación espacial con la hazaña de Yuri Gagarin, el primer astronauta que dio vuelta a la Tierra en una nave puesta en órbita por un cohete soviético.

5 de mayo: El astronauta norteamericano Alan B. Shephard realiza un vuelo suborbital.

21de julio: Virgil I. Grissom procedió con todo éxito a otro vuelo suborbital.

6-7 de agosto: El soviético Gherman Titov dio 17 vueltas a la Tierra.

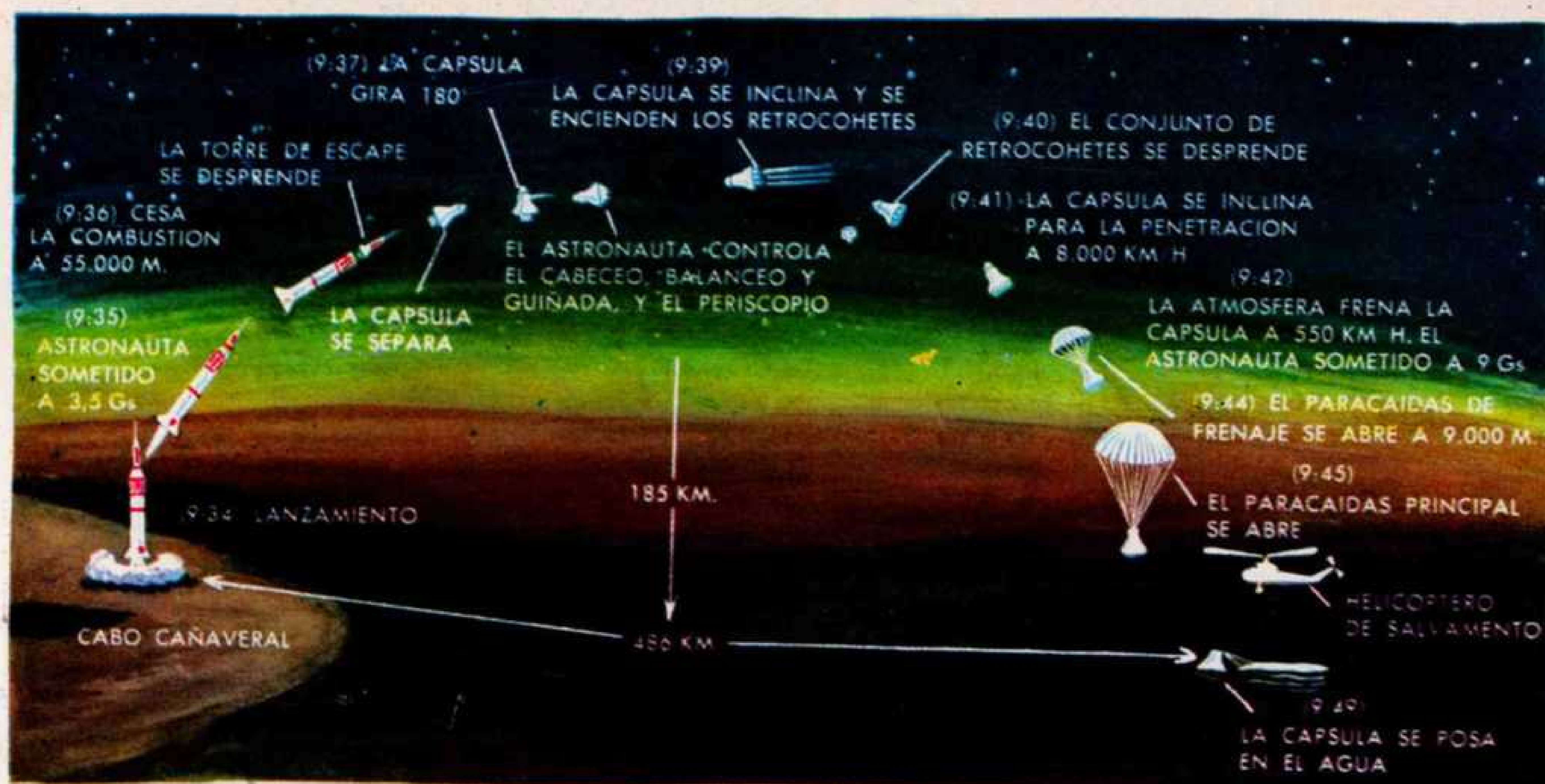
Desde entonces no han cesado en el esfuerzo por llegar a la Luna tanto los soviéticos como los norteamericanos, asombrando al mundo con sus vehículos espaciales tripulados y sus satélites de información y de estudio.

Yuri Gagarin





Shepard realiza las pruebas de adiestramiento en una cápsula similar a la que usará en el vuelo suborbital.



Parábola del vuelo de Shepard desde Cabo Cañaveral (hoy Cabo Kennedy) hasta un punto en el Atlántico a 486 km, después de haberse elevado a 185 km de altura.



Virgil I. Grisson





Shepard examina la cápsula en la que realizará el vuelo.

Gherman Titov, el astronauta soviético que dio 17 vueltas a la Tierra.

Año 1962

20 de febrero: John L. Glenn realiza tres vueltas a la Tierra en órbita.

11-12 de agosto: Adrián Nikolayev y Pavel Popovich vuelan en órbita dando 15 vueltas a la Tierra.

24 de mayo: El norteamericano Scott Carpenter dio tres vueltas a la Tierra en órbita.

14-16 de junio: Valentin Bykovsky y Valentina Tereshkova superan todos los récords por equipos individuales de vuelo espacial; el primero, lanzado el 14 de junio realizó 81 órbitas, y la segunda, lanzada dos días después, cumplió 48.

Año 1963

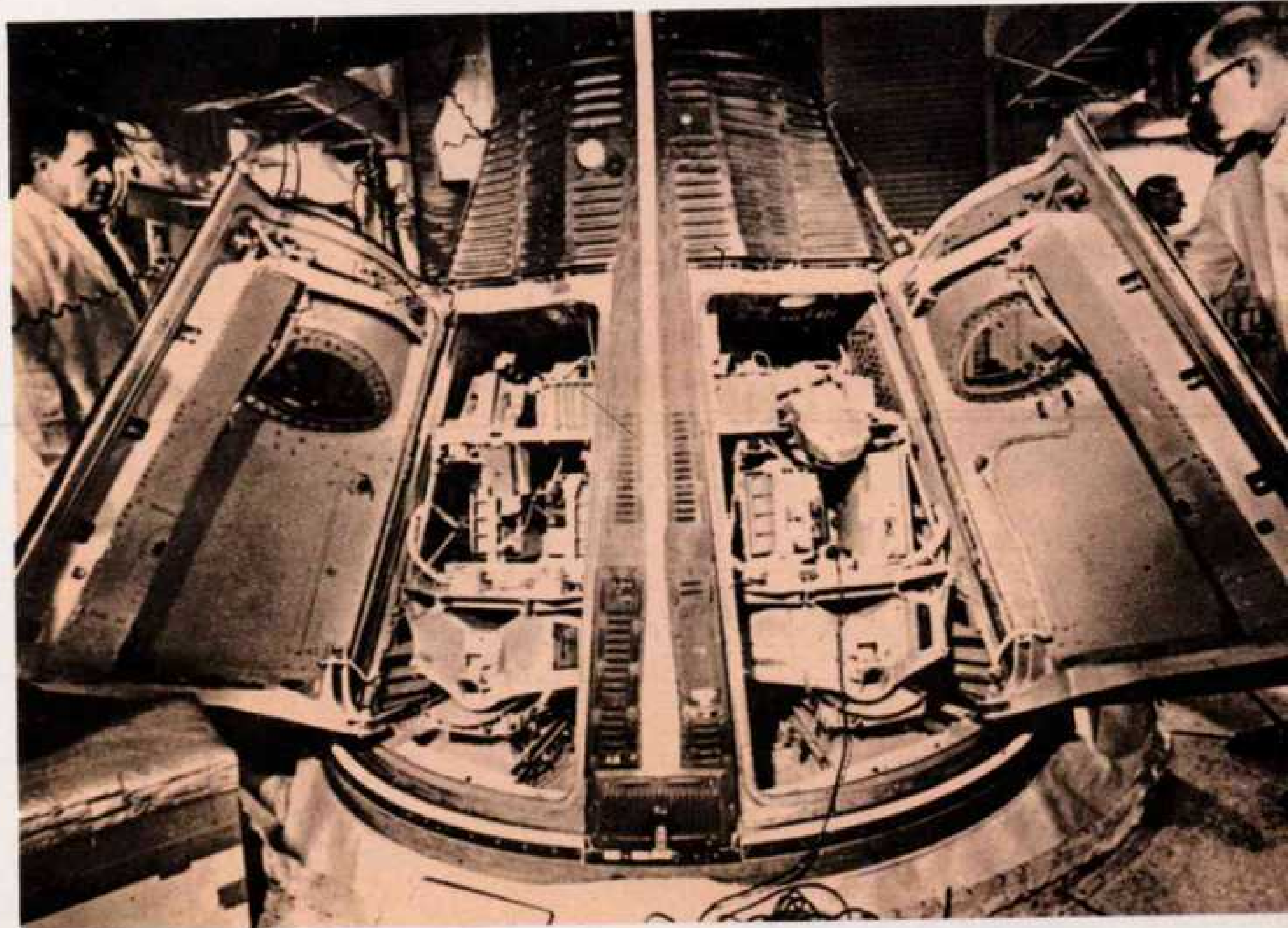
15-16 de mayo: El americano Leroy Gordon Cooper realiza 22 vueltas en órbita alrededor de la Tierra.

Año 1964

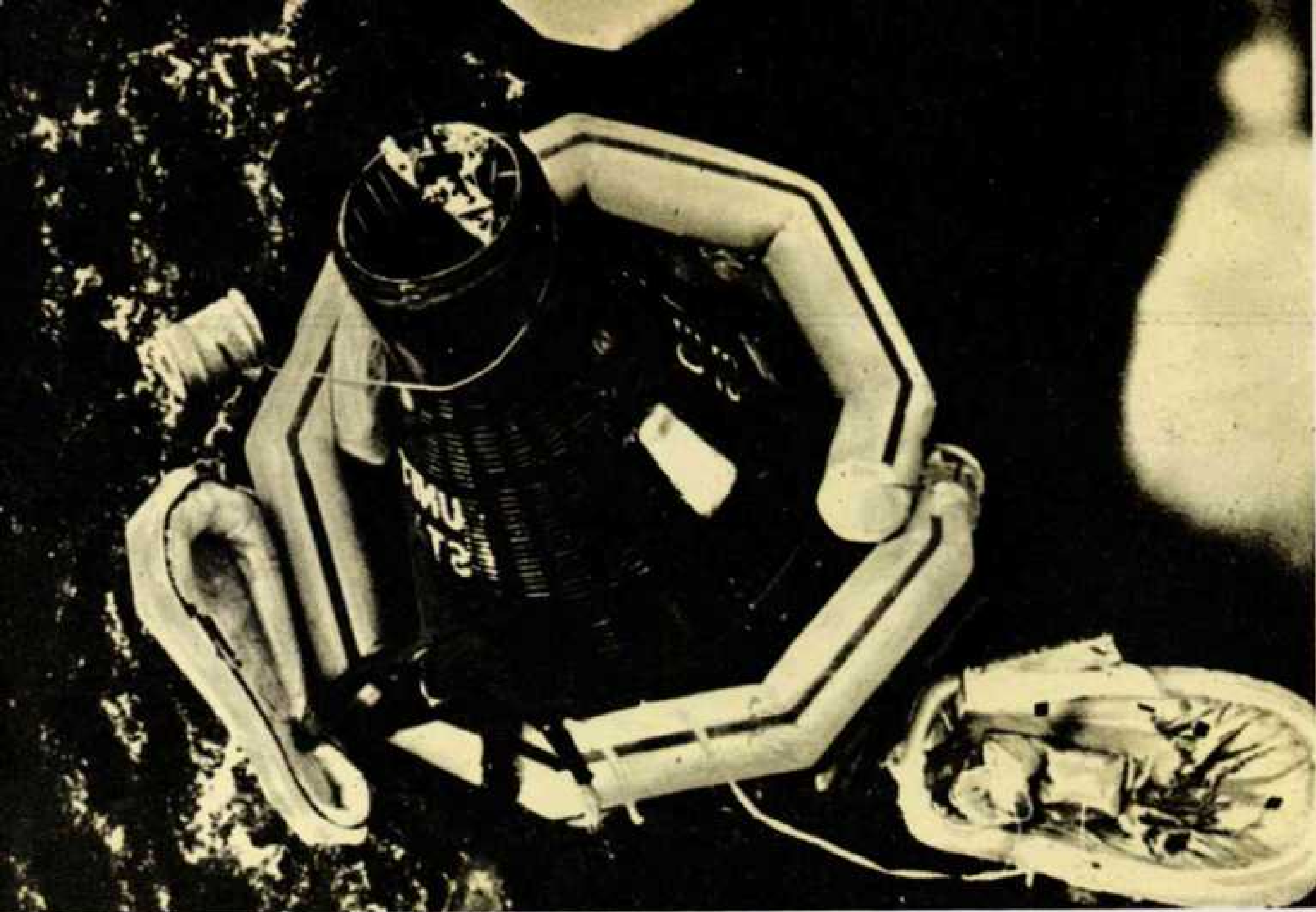
12-13 de octubre: Los soviéticos Vladimir Komarov, Boris Yegorov y Constantin Feotiskov cumplieron 16 órbitas en un mismo vehículo espacial.



John L. Glenn

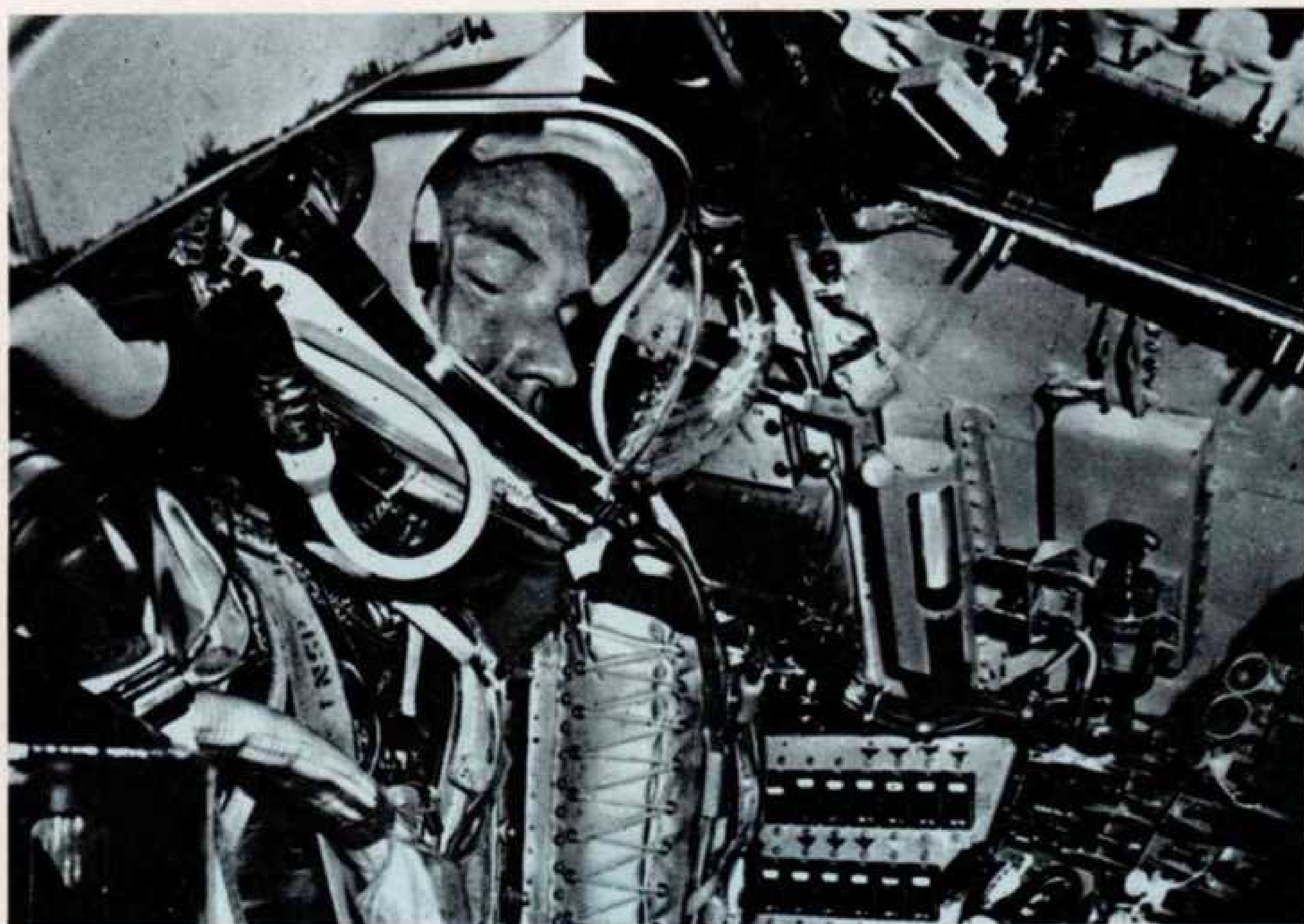


Mecanismos de la Géminis II: dos pilotos electrónicos para recoger información espacial.



Rescate de Scott Carpenter en el Océano. El cinturón de flotación está ligado a la cápsula, de la que ha sido recuperado el astronauta.

El comandante Cooper verifica su tablero de instrumentos antes del lanzamiento de su nave espacial de tipo Mercurio "Fc 7", en septiembre de 1963. Reingresó en la atmósfera terrestre por medio de los mandos manuales.





Scott Carpenter y Leroy Gordon Cooper, navegantes del espacio en 1962 y 1963.





Valentina Tereshkova, la primera mujer astronauta, meses después de su proeza da a luz un hijo sano, lo que prueba que no ha sufrido ningún daño orgánico por las radiaciones cósmicas.

Año 1965

18 de marzo: Los cosmonautas Pavel Belyayev y Alexei Leonov, en la astronave Vostok II, navegaron por el espacio durante 26 horas y 50 minutos, dando 17 vueltas a la Tierra; en ese vuelo, Alexei Leonov salió de la nave y acompañó al vehículo durante 10 minutos, volviendo a entrar en él con todo éxito. El descenso a la Tierra se produjo en la misma cápsula.

23 de marzo: Los astronautas Virgil I. Grissom y John Young fueron puestos en órbita en una nave espacial Géminis; dieron tres vueltas alrededor del globo terrestre y descendieron en perfecto estado en el Atlántico.

3 de junio: Edward H. White, tripulante de la Géminis IV, valiéndose de una pistola propulsora para maniobrar en distintas direcciones, hizo el paseo por el espacio durante 21 minutos.

22 de agosto: Gordon Cooper y Charles Conrad iniciaron su salida al espacio y permanecieron en él 7 días y 22 horas en la Géminis V, recorriendo unos 4.800.000 km. Durante el vuelo realizaron una cita histórica simulada con una nave "fantasma".

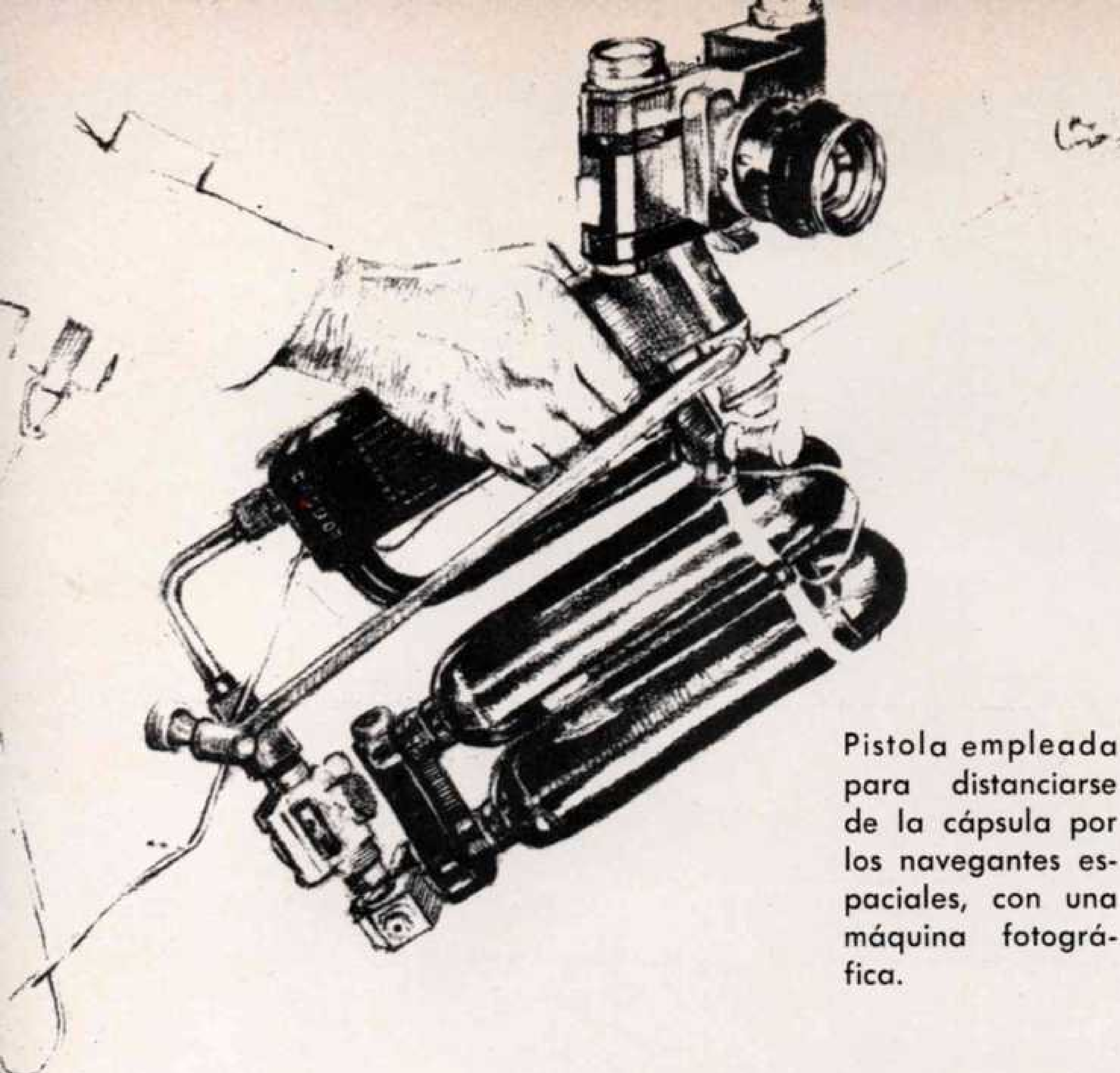
4 de diciembre: la Géminis VI, tripulada por Walter Schirra y Thomas P. Stafford, se encuentra en el espacio con la Géminis VII, a cargo de Frank Borman y James A. Lovell.



Los astronautas White y MacDivitt en la cápsula.

Virgil I. Grisson y John Young, navegantes del espacio.

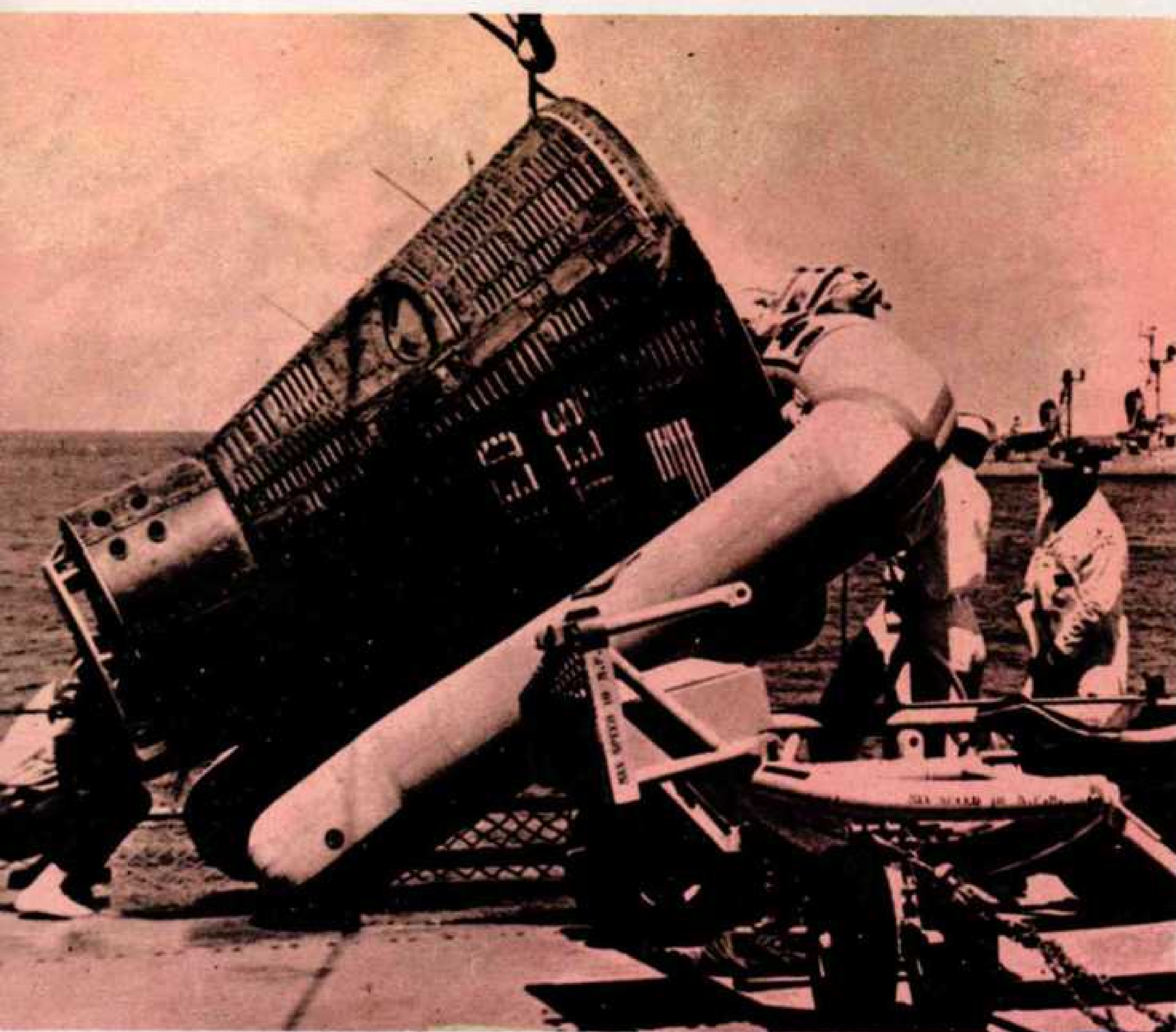




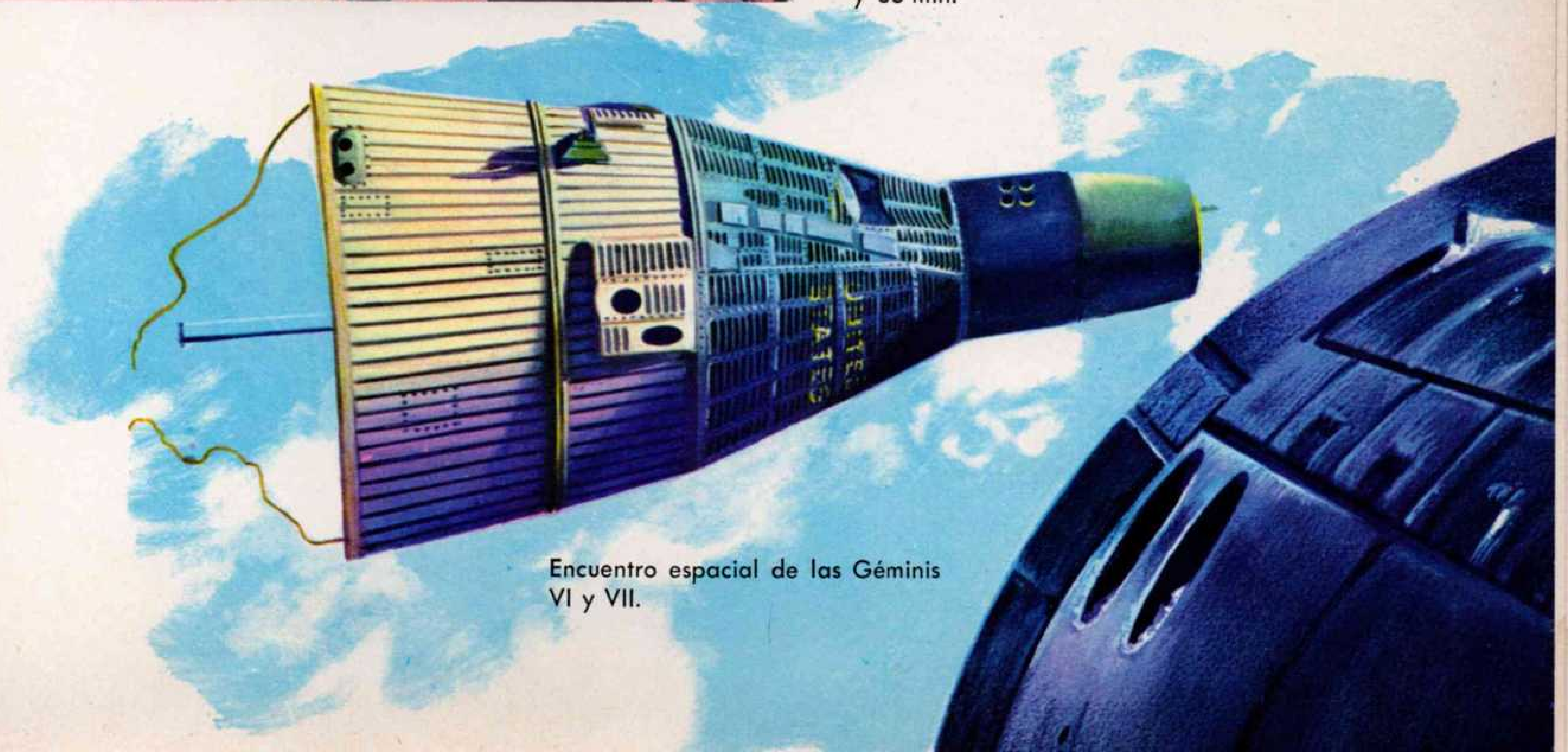
Pistola empleada para distanciarse de la cápsula por los navegantes espaciales, con una máquina fotográfica.



El astronauta Edward White flota en el espacio a 160 km de la Tierra, ligado a la cápsula espacial por un delgado cordón de siete metros y medio.



La Géminis V es llevada a bordo del Lake Champlain después del vuelo orbital en que Cooper y Conrad batieron todos los récords recorriendo 5.300.000 km en 120 órbitas durante 7 días, 22 hs. y 55 min.



Encuentro espacial de las Géminis VI y VII.

Año 1966

5 de junio: Eugene Cernan, tripulante de la Géminis IX, realizó un "paseo" por el espacio, a 28.000 kilómetros por hora, durante dos horas, a 297 kilómetros de la Tierra.

18 de julio: Es puesta en órbita la astronave Géminis X, tripulada por John Young y Michael Collins; previamente había sido lanzada al espacio la cápsula Agena X, impulsada por un cohete Atlas. La cosmonave debía acercarse al sateloide que avanzaba a 28.000 kilómetros por hora. No tardaron en volar en formación con éste a una distancia de 30 metros. Alcanzaron una altura de 762 kilómetros de la Tierra, superando el récord de 495 kilómetros de los cosmonautas soviéticos. El copiloto Collins abrió la escotilla de la astronave, tomó fotografías de los astros y llegó al Agena VIII que giraba en órbita desde hacía cuatro meses, del que retiró un artefacto para recoger microaerolitos y también un artefacto similar colocado en el exterior de la Géminis X. Collins volvió a abrir la escotilla, quedó proyectado en el espacio 56 minutos y acopló y desacopló la astronave del sateloide Agena X. Los astronautas descendieron en el Océano en las proximidades del lugar previsto el 21 de julio, después de 70 horas en órbita. Otra de las proezas logradas fue el aprovechamiento de la energía del Agena para los objetivos de la Géminis X, lo cual abre nuevos horizontes para vuelos a cuerpos lejanos desde órbitas de espera terrestres, en las que giran artefactos que pueden ser acoplados.

12 de septiembre: Es lanzada la Géminis XI con los astronautas Charles Conrad y Richard F. Gordon. En su primera etapa hallaron, persiguieron y acoplaron su cosmonave a un satélite Atlas-Agena en la primera circunvalación orbital, a una hora 34 minutos de la partida de Cabo Kennedy en un poderoso Titán. Al día siguiente Gordon salió de la cápsula y paseó por el espacio durante 44 minutos en lugar de los 115 que señalaba el programa, en vista de dificultades inesperadas en la respiración y en un exceso de transpiración que le impedía ver; en esa hazaña montó a horcajadas en el cohete Agena. El 14 la astronave alcanzó una altura récord de 1370 kilómetros y se creó por primera vez en los ensayos hechos hasta allí una pequeña fuerza de gravedad. Para alcanzar por dos veces la altura récord fue utilizada la fuerza motriz del Agena y regresaron a la órbita originaria de 289 a 350 kilómetros. Entonces Gordon abrió la escotilla de la cápsula y con medio cuerpo fuera sacó fotografías de las estrellas. En esta experiencia penetróse por primera vez en los cinturones de radiaciones Van Allen que rodean la Tierra con su triple aureola.

Los astronautas regresaron en la mañana del 15 de septiembre, después de 71 horas de navegación espacial, en el Atlántico occidental.

Hazaña de Cernan en el espacio: aborda al Agena después de salir de la nave espacial.



Los astronautas Young y Collins se dirigen a la nave espacial.

Año 1967

Se iniciaba una nueva etapa de la conquista del espacio por la ciencia y la técnica modernas, que habían completado el programa Géminis con resultados magníficos y hazañas inolvidables. El proyecto Apolo comprende el viaje de ida y vuelta a la Luna y otras adquisiciones en la navegación espacial, para sueños más ambiciosos todavía.

Tres de los astronautas norteamericanos experimentados: Virgil I. Grisson, Edward White y Roger Chaffee se disponían a asombrar al mundo en una nueva serie de proezas y ejercicios de permanencia y labores en el espacio. Mientras efectuaban pruebas en la cápsula de la nave Apolo, ésta se incendió, y los tres audaces navegantes murieron en ella.

La tragedia ocurrió el 27 de enero de 1967 y causó consternación en todas las latitudes. El proyecto Apolo sufrió un retardo, pero el accidente no impidió que prosiguieran las experiencias, como la del Lunar Orbiter-3, que trasmitió fotos de gran valor de la superficie lunar, en los primeros días de febrero.

El 19 de abril, alunizó con todo éxito el Surveyor III, que escarbó el suelo de la Luna y trasmitió información precisa y fotos de gran calidad.

A los mártires estadounidenses de la conquista del espacio, se agregó Vladimir Komarov, tripulante de la cosmonave soviética Soyuz-1, quien perdió la vida al volver a la Tierra, por defectos del paracaídas.

Grisson, White y Chaffee, mártires del esfuerzo del hombre por llegar a la Luna: perdieron la vida cuando se hallaban efectuando pruebas con la cápsula Apolo.



Indice

ESTE LIBRO SE TERMINÓ DE IMPRIMIR
EL DÍA 15 DE MAYO DE 1968,
EN LOS TALLERES GRÁFICOS DE
SEBASTIÁN DE AMORRORTU E HIJOS, S. A.
CALLE LUCA 2223, BUENOS AIRES

Acerca del autor

Roy A. Gallant ha nacido en Portland, Maine, Estados Unidos, y ha pasado la mayor parte de su vida en New England. Después de graduarse en Bowdoin College y de completar sus estudios en la Columbia University, trabajó como redactor de periódicos y director de revistas, especializándose en temas científicos. Entre los muchos libros de ciencia que ha escrito, el titulado *Exploremos el Universo* fue premiado por la Fundación Thomas Alva Edison. Actualmente es redactor jefe de la Natural History Press.

Acerca del dibujante

Lee J. Ames ha ilustrado numerosos libros para niños y niñas, como así también libros y revistas para adultos. Entre otras cosas, enseñó a los veteranos en la Escuela de artes visuales. Habita en Huntington, Long Island, con su esposa Jocelyn y sus dos hijos, Jonathan y Alison.

